



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 690 864 A5

51 Int. Cl.⁷: G 01 J 003/46

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02418/96

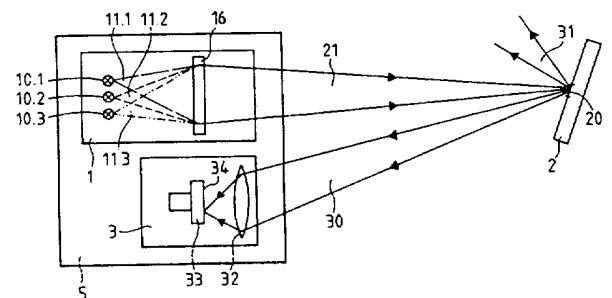
22 Anmeldungsdatum: 04.10.1996

24 Patent erteilt: 15.02.2001

45 Patentschrift veröffentlicht: 15.02.2001

73 Inhaber:
HERA Rotterdam B.V.,
Max Euwelaan 61, 3062 MA Rotterdam (NL)72 Erfinder:
Peter Urs Halter, Lachenackerstrasse 34,
8500 Frauenfeld (CH)74 Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro, Hedwigsteig 6,
Postfach 768, 8029 Zürich (CH)54 **Gerät und Verfahren zur Farbmessung und/oder Farberkennung sowie Vorrichtung in einem solchen Gerät.**

57 Das Farbmessgerät enthält ein Sendermodul (1) und ein Empfängermodul (3). Im Sendermodul (1) befinden sich mehrere verschiedenfarbige Lichtquellen (10.1–10.3), bspw. drei Lumineszenzdiode mit den Primärfarben Rot, Grün und Blau. Die von den verschiedenen Lichtquellen (10.1–10.3) ausgesandten verschiedenfarbigen Lichtkomponenten (11.1–11.3) werden mit Hilfe mindestens eines diffraktiven optischen Elementes (16) im Sendermodul (1) derart kombiniert, dass sie auf einen einzigen Lichtfleck (20) auf der Probe (2) fokussiert werden. Das von der Probe (2) her kommende Licht (30) wird im Empfängermodul (3) von einem Lichtempfänger (33) empfangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt, das in direktem Zusammenhang mit der Farbe der Probe (2) steht und von einer Auswertelektronik ausgewertet werden kann.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Gerät und ein Verfahren zur Farbmessung und/oder Farberkennung an einer Probe sowie eine Vorrichtung in einem solchen Gerät nach den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Bekannte Farbmessgeräte lassen sich grob in drei Klassen einteilen.

Eine erste Klasse von Farbmessgeräten bilden die Spektralgeräte. Diese benützen zur Beleuchtung weisses Licht, vorzugsweise aus Halogen- oder Blitzlampen. Das weisse Licht fällt auf die Probe, tritt mit ihr in Wechselwirkung und wird von ihr typischerweise reflektiert, transmittiert oder gestreut. Danach wird es spektral zerlegt, beispielsweise in einem Prisma durch Ausnützung der Wellenlängenabhängigkeit der Brechung oder an einem Gitter durch Ausnützung der Wellenlängenabhängigkeit der Beugung. Ein Lichtempfänger, beispielsweise eine Photodiodenzeile oder eine CCD-Zeile, misst die Intensitäten der verschiedenen räumlich getrennten Spektralkomponenten. Die spektrale Intensitätsverteilung lässt sich in eine quantitative Kennzeichnung der Probenfarbe gemäss einem farbmetrischen System umrechnen.

Solche Spektralgeräte liefern sehr genaue Resultate. Sie haben jedoch zwei Nachteile. Erstens muss die Probe direkt in oder auf das Messgerät gehalten oder das Messgerät auf die Probe gestellt werden. Dabei darf der Abstand zwischen Messgerät und Objekt nur eine äusserst kleine Toleranz aufweisen, um die Messung nicht zu verfälschen. Zweitens ist die Wiederholfrequenz der Messungen mit Spektralgeräten nicht sehr hoch, wodurch sich lange Messzeiten ergeben.

Eine zweite Klasse von Farbmessgeräten benützt ebenfalls weisses Licht, das von einer Weisslichtquelle unter einem bestimmten Winkel auf die Probe fällt. Das von der Probe kommende Licht wird in mehrere Kanäle aufgeteilt, gefiltert und von je einem Lichtempfänger, bspw. einer Photodiode, pro Kanal empfangen. Es sind zumeist drei Kanäle für die Primärfarben Rot, Grün und Blau (RGB) vorgesehen; für die Filterung werden Farbfilter vor den Photodioden eingesetzt. Die Aufteilung des Lichtes in die verschiedenen Kanäle kann mit Strahlteilern, dichroitischen Spiegeln oder durch ein diffraktives optisches Element (DOE) erfolgen. Zur Führung des Lichtes von der Lichtquelle zur Probe und von der Probe zu den Lichtempfängern können Lichtleiter eingesetzt werden.

Solche Dreibereichsmessungen haben mehrere Nachteile. Ihre Genauigkeit ist geringer als diejenige von spektralen Messungen. Sie sind empfindlich auf Fremdlicht. Die Mechanik und Optik zur Farbaufteilung ist aufwendig und teuer. Die Weisslichtquelle, meist eine Halogenlampe, muss lichtstark sein und produziert als Temperaturstrahler viel Wärme. Zudem ist die Lebensdauer einer solchen Weisslichtquelle mit typischerweise 2000 h recht gering.

Eine dritte Klasse von Farbmessgeräten benützt keine Weisslichtquelle, sondern mehrere verschiedenfarbige Lumineszenzdioden (LED's), welche die Probe beleuchten. Die Lumineszenzdioden können

kontinuierlich betrieben werden und das von der Probe kommende Licht kann in der gleichen Art und Weise detektiert und ausgewertet werden wie bei der zweiten Klasse von Farbmessgeräten. Allerdings ergeben sich so neben Nachteilen nur wenige Vorteile, nämlich eine viel grössere Lebensdauer der Lichtquellen, typischerweise in der Grössenordnung von 10^5 h, und eine viel kleinere Wärmeentwicklung.

Werden hingegen die Lumineszenzdioden gepulst oder moduliert betrieben, so kann durch geeignete Auswertung der Empfängersignale, bspw. mit Hilfe von Hochpassfiltern, der Einfluss von Fremdlicht fast vollständig eliminiert werden. Zudem können die Lumineszenzdioden durch einen sequentiellen Betrieb bzw. durch unterschiedliche Modulationsfrequenzen «markiert» werden: Die von den Lumineszenzdioden ausgesandten, von der Probe kommenden Lichtsignale werden im sequentiellen Betrieb nacheinander mit gleichen Modulationsfrequenzen bzw. im parallelen Betrieb mit unterschiedlichen Modulationsfrequenzen empfangen und können so der Farbe der entsprechenden Lumineszenzdiode zugeordnet werden. Im Lichtempfänger werden Signale unterschiedlicher Intensität erzeugt. Die Zuordnung der Intensitäten zu den Farben der Lumineszenzdioden ergibt eine Information, die in direktem Zusammenhang mit der Farbe der Probe steht. Dank einer solchen Markierung genügt ein einziger Kanal mit einem einzigen Lichtempfänger, der nur genügend schnell sein muss. Ein solches Verfahren zur Erzeugung und Erkennung von optischen Spektren lehrt bspw. die Offenlegungsschrift DE-3 706 056 A1.

Eine absolute Farbmessung ist auf diese Weise kaum zu erreichen, da die Farbverteilungen von heutzutage zur Verfügung stehenden Lumineszenzdioden nicht den RGB-Verteilungen des menschlichen Auges entsprechen und bei Verwendung von nur drei Lumineszenzdioden (Rot, Grün, Blau) deren Spektren zumeist gar nicht oder nur ganz minimal überlappen. Hingegen genügt eine solche Vorrichtung zur schnellen Farberkennung von vielen verschiedenen Farben. Als Resultat werden meist nur ein oder mehrere binäre Gut-/Schlecht-Signale ausgegeben, wobei mit vorgängig gelernten Farben verglichen wird.

Eine Schwierigkeit bei dieser dritten Klasse von Farbmessgeräten ist die Beleuchtung. In einer einfachsten Variante werden Lumineszenzdioden mit eingebauten Linsen verwendet, die Licht in einem Öffnungswinkel von ca. 20° abstrahlen. Werden die Lumineszenzdioden ganz nahe beieinander montiert, so ergibt sich eine Überlappung des Lichtes der verschiedenfarbigen Lumineszenzdioden. Allerdings führt dies zu einem sehr grossen Messfleck auf der Probe, was einen schwerwiegenden Nachteil darstellt.

In einer zweiten Variante werden kleine Lumineszenzdioden ohne eingebaute Linsen bzw. Lumineszenzdioden-Chips mit recht grossem Abstrahlwinkel ganz nahe beieinander platziert und angelötet bzw. gebondet. Eine einzige Linse sammelt das Licht der verschiedenen Lumineszenzdioden und bildet die Lumineszenzdioden auf die Probe ab. So wird ein kleinerer Lichtfleck erreicht, doch ist dieser nicht

mehr homogen von allen Farben ausgeleuchtet. Vielmehr entsteht auf der Probe ein Abbild der verschiedenen Lumineszenzdioden, die in der Bildebene überhaupt nicht überlappen, sondern, wie in der Montageebene, voneinander getrennt sind.

In einer dritten Variante wird von mehreren verschiedenfarbigen Lumineszenzdioden ausgesandtes, von eingebauten Linsen gebündeltes Licht über eine Optik mit Strahlteilern oder dichroitischen Spiegeln zu einem einzigen, mehrfarbigen Lichtstrahl kombiniert. Dieser Lichtstrahl kann durch eine zusätzliche Linse auf die Probe fokussiert werden. So wird ein recht kleiner Messfleck erreicht, der gleichmässig mit den verschiedenen Farben ausgeleuchtet ist. Diese bspw. aus der Patentschrift EP-0 256 970 B1 bekannte Variante hat den Nachteil, dass die Mechanik und Optik, die zur Kombination der verschiedenfarbigen Lichtstrahlen benötigt wird, aufwendig und teuer ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches, kostengünstiges Gerät und Verfahren zur schnellen Farbmessung und/oder Farberkennung zu schaffen, welches die oben beschriebenen Nachteile bekannter Farbmessgeräte nicht aufweist, wobei einzig der Nachteil einer eventuell leicht geringeren Genauigkeit bzw. Farbumterscheidung – im Vergleich mit den obengenannten Spektralgeräten – in Kauf genommen wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch die erfindungsgemässe Vorrichtung, das erfindungsgemässe Farbmessgerät und das erfindungsgemässe Messverfahren, wie sie in den unabhängigen Patentansprüchen definiert sind.

Das erfindungsgemässe Farbmessgerät enthält ein Sender- und ein Empfängermodul. Als Sendermodul wird eine erfindungsgemässe Vorrichtung eingesetzt, enthaltend mindestens zwei Lichtquellen, die vorzugsweise klein sind und eine nicht allzu grosse Bandbreite aufweisen und deren hauptsächlich Strahlungsleistungen in verschiedenen Wellenlängenbereichen liegen, bspw. drei Lumineszenzdioden mit den Primärfarben Rot, Grün und Blau. Die erfindungsgemässe Vorrichtung enthält ferner mindestens ein diffraktives optisches Element (DOE), welches derart angeordnet ist, dass es von den Lichtquellen angestrahlt wird, und mit dessen Hilfe die von den verschiedenen Lichtquellen ausgesandten verschiedenfarbigen Lichtkomponenten derart kombiniert werden oder kombinierbar sind, dass sie im Wesentlichen auf einen einzigen Lichtfleck fokussiert werden oder fokussierbar sind. Dieses kombinierte Licht trifft dann auf eine zu untersuchende Probe, tritt mit ihr in Wechselwirkung und wird von ihr typischerweise reflektiert, transmittiert oder gestreut. Das von der Probe herkommende Licht wird im Empfängermodul von einem Lichtempfänger, beispielsweise einer Photodiode, empfangen und in ein elektrisches Signal umgewandelt, das in direktem Zusammenhang mit der Farbe der Probe steht und von einer Auswertelektronik ausgewertet werden kann.

Mit dem erfindungsgemässen Farbmessgerät und dem erfindungsgemässen Messverfahren werden die Nachteile der oben beschriebenen ersten und zweiten Klasse von Farbmessgeräten beseitigt, ins-

besondere die grosse Wärmeentwicklung, die kleine Lebensdauer der Lichtquelle, die niedrige Messwiederholrate bzw. lange Messdauer, die grosse Fremdlichtempfindlichkeit, die grosse Bauform des Gerätes und die kleine Toleranz bezüglich des Abstandes vom Gerät zur Probe. Mit dem erfindungsgemässen Farbmessgerät werden auch die drei Nachteile der oben beschriebenen dritten Klasse von Farbmessgeräten beseitigt:

1. Der Lichtfleck auf der Probe ist so gross oder nahezu so gross wie eine Abbildung einer einzelnen Lichtquelle.

2. Die örtliche Überlappung der verschiedenen Farben auf der Probe ist sehr gut, nämlich so gut oder nahezu so gut wie die Abstrahleigenschaften der verschiedenen Lichtquellen.

3. Der voraussichtlich grösste Vorteil des erfindungsgemässen Farbmessgerätes liegt im einfachen mechanischen Aufbau und in der einfachen Strahlkombinationsoptik. Beim Einsatz von drei verschiedenfarbigen Lumineszenzdioden werden, verglichen etwa mit dem in der Patentschrift EP-0 256 970 B1 offenbarten Farbmessgerät, zwei teure Strahlteiler oder dichroitische Spiegel ersetzt durch ein einziges DOE, das in grossen Stückzahlen günstig hergestellt werden kann. Bei der Mechanik wird ebenfalls gespart, weil die beiden Strahlteiler oder dichroitischen Spiegel unter einem Winkel von ca. 45° zu, optischen Achse montiert werden mussten. Im erfindungsgemässen Farbmessgerät kann hingegen das DOE senkrecht zum Strahlengang montiert werden, bspw. senkrecht zur Achse des aus dem Sendermodul ausgesandten Lichtes.

Der Hauptzweck des mindestens einen DOE im Sendermodul des erfindungsgemässen Farbmessgerätes ist die Kombination der von den Lichtquellen ausgesandten verschiedenfarbigen Lichtkomponenten, sodass sie im Wesentlichen auf einen einzigen Lichtfleck, vorzugsweise mit homogener Farbzusammensetzung, fokussiert werden oder fokussierbar sind. Ein solches DOE könnte also eine gewisse Ähnlichkeit mit einem diffraktiven Farbfilter aufweisen. Das DOE ist derart gestaltet und angeordnet, dass es mittels Beugung die Ausbreitungsrichtung des Lichtes verändert, d.h. die verschiedenfarbigen Lichtkomponenten werden vom DOE um verschiedene Winkel abgelenkt. Das DOE kann die Wellenfront des Lichtes beeinflussen, bspw. Kugelwellen in ebene Wellen umformen, d.h. von einem Punkt ausgehendes Licht bündeln, oder umgekehrt, d.h. Licht fokussieren, oder auch Licht um einen gewissen farbabhängigen Winkel ablenken, ähnlich wie ein optisches Beugungsgitter.

Ein DOE, das in einem bestimmten Farbmessgerätetyp zum Einsatz kommt, ist speziell für den jeweiligen Farbmessgerätetyp entworfen, d.h. berechnet und optimiert. Die Optimierung des DOE betrifft beispielsweise die Anzahl und das spektrale Abstrahlverhalten der Lichtquellen, die geometrische Anordnung der Lichtquellen und des Strahlengangs, die gewünschten Strahlablenkwinkel für die verschiedenen Farben, den gewünschten Einfluss des

DOE auf die Wellenfront, einen möglichst kleinen Streulichtanteil sowie andere Parameter und Vorgaben. Das DOE kann ein planes Element sein oder auch gewölbte optische Flächen aufweisen, sodass es gemischt diffraktiv/refraktiv wirkt.

Das DOE in der vorliegenden Erfindung kann aus Kunststoff hergestellt werden, bspw. geprägt oder gespritzt. Das DOE kann auch aus Glas hergestellt werden, wobei die diffraktiven Strukturen geätzt werden können. DOE aus Kunststoff sind voraussichtlich kostengünstiger, solche aus Glas voraussichtlich temperaturstabiler. Auch andere Materialien können für das DOE verwendet werden.

Das erfindungsgemässe Farbmessgerät kann nebst dem mindestens einen DOE auch refraktive optische Elemente, insbesondere Linsen, enthalten. Linsen – oder allgemeiner: optische Systeme – können bspw. eingesetzt werden, um das von den Lichtquellen emittierte Licht zu bündeln, bevor es auf das DOE trifft, um Licht auf die Probe zu fokussieren oder um Licht auf den Lichtempfänger zu fokussieren. Es können sich auch weitere klassisch-optische Elemente wie Spiegel, Strahlteiler, Prismen oder Blenden im erfindungsgemässen Farbmessgerät befinden. Um die Möglichkeiten der Erfindung voll auszuschöpfen, ist es jedoch vorteilhaft, auf möglichst viele oder gar auf alle klassisch-optischen Elemente zu verzichten und ihre Funktionen einem oder mehreren DOE zu übertragen. Es kann auch ein erstes DOE für die Kombination der Lichtkomponenten und weitere DOE für die Bündelung oder Fokussierung von Licht vorgesehen sein, d.h. diese weiteren DOE übernehmen die Funktionen von Linsen. Auch gemischt diffraktive/refraktive Elemente, bspw. Linsen mit diffraktiven Strukturen auf einer oder auf beiden Flächen, können eingesetzt werden.

Im erfindungsgemässen Farbmessgerät können Lichtleiter, vorzugsweise Glasfasern, Glasfaserbündel oder Kunststofflichtleiter, zum Einsatz kommen, um Licht zur Probe hin und/oder von der Probe weg zu leiten. Ausführungsformen mit Lichtleitern haben den Vorteil, dass dank der Flexibilität der Lichtleiter ein Messkopf über eine Distanz im Bereich von Metern oder mehr bequem an die Probe herangeführt werden kann.

Die im erfindungsgemässen Farbmessgerät verwendeten Lichtquellen sind vorzugsweise Halbleiterlichtquellen, d.h. Lumineszenzdiode oder Diodenlaser. Als Lichtquellen kommen aber auch Weisslichtquellen in Kombination mit geeigneten Farbfiltern in Frage. Die von den Lichtquellen emittierte Strahlung kann im ultravioletten (UV), sichtbaren (VIS) oder infraroten (IR) Spektralbereich liegen; in der vorliegenden Schrift wird sie als «Licht» bezeichnet, auch wenn sie nicht sichtbar ist. Die Anzahl der Lichtquellen und die Wellenlängenbereiche ihrer hauptsächlichsten Strahlungsleistungen können der voraussichtlichen Anwendung des Farbmessgerätes angepasst werden.

Die Lichtquellen im Sendermodul des erfindungsgemässen Farbmessgerätes senden vorzugsweise gepulstes Licht aus, und zwar sequentiell mit gleichen Modulationsfrequenzen oder parallel mit verschiedenen Modulationsfrequenzen. Die Pulslänge

kann bei allen Lichtquellen gleich sein. Zum Ausgleich der üblicherweise stark unterschiedlichen Strahlungsleistungen der verschiedenfarbigen Lichtquellen können aber die Pulslängen auch abhängig von der Strahlungsleistung der einzelnen Lichtquellen sein. So können z.B. die Verhältnisse der Pulslängen proportional zu den inversen Verhältnissen der Strahlungsleistungen sein; die Längen der Pausen werden entsprechend angepasst. Die unterschiedlichen Strahlungsleistungen können auch ausgeglichen werden, indem sie durch variable Verstärker vor jeder Lichtquelle an die kleinste vorkommende Strahlungsleistung angepasst werden oder indem Signale der verschiedenen Lichtquellen nach dem Empfang verschieden verstärkt werden.

Im sequentiellen Betrieb wird zuerst ein Puls von einer ersten Lichtquelle ausgesandt, sodann direkt anschliessend oder nach einer Pause ein Puls einer zweiten Lichtquelle, und so weiter, bis alle Lichtquellen einen Puls ausgesandt haben. Dieser Vorgang wiederholt sich nach einer eventuellen weiteren Pause periodisch mit der Repetitionsfrequenz, mit der alle Lichtquellen betrieben werden. Eine Lichtquelle nach der anderen sendet also Lichtpulse aus. Die Pulse der Lichtquellen werden im Empfängermodul vom Lichtempfänger nacheinander empfangen, in elektrische Signale umgewandelt, verstärkt und vorzugsweise auch gleich von einem Analog/Digital-Wandler, wahlweise mit vorgeschaltetem Abtast/Halte-Schaltkreis (sample/hold), in ein digitales Signal umgewandelt. Eine zusätzliche Frequenzfilterung (bspw. Hochpass, Bandpass oder auch Tiefpass) vor oder bei der Verstärkung erlaubt die Unterdrückung von Fremdlicht und/oder elektronischen Störungen. Durch eine Synchronisation der empfangenen Pulssequenz mit den Pulsen der verschiedenen Lichtquellen können Sequenzen dieses digitalen Signals den verschiedenen Farben der Lichtquellen zugeordnet werden und ergeben die gesuchte Farbinformation, bei drei Lichtquellen (Rot, Grün, Blau) also drei verschiedene Farbintensitäten. Diese Farbinformation kann zur quantitativen Kennzeichnung der Probenfarbe direkt oder anhand eines früher gemessenen Referenz-Weiss und/oder gemäss einem farbmetrischen System umgerechnet auf geeignete Weise angezeigt werden.

Die Farbinformation kann auch mit früher gemessenen, eingelernten Referenzfarben verglichen und als Gut-/Schlecht-Signal mit je einer Anzeige pro Farbe angezeigt werden und/oder mit einem binären Schaltsignal auf je einer Ausgangsleitung ausgegeben werden. Eine eingelernte Referenzfarbe bedeutet dabei eine oder mehrere analog oder digital gespeicherte, vorzugsweise elektrische Grössen (Spannung, Strom, Ladung), welche diese Farbe charakterisieren. Bei drei Lichtquellen können dies bspw. die drei dazugehörigen, abzuspeichernden Farbsignalwerte sein oder Werte, die daraus und allenfalls aus weiteren, anderen Messwerten (z.B. Referenzmesswerten) berechnet werden. Beim Vergleichen werden die aktuellen charakterisierenden elektrischen Grössen mit den gespeicherten Grössen innerhalb einer gewissen Toleranz auf Übereinstimmung geprüft, bspw. mit einem Mikrokontroller.

Diese Toleranz kann fest eingestellt sein, über ein Potentiometer oder per Tastendruck gesamthaft für alle Farbwerte oder je einzeln pro Farbe eingestellt werden; sie kann auch auf eine andere Art einge-
lernt werden. Dieses Einlernen der Toleranz kann
so geschehen, dass mehrere zur gleichen Farbe
gehörenden Farbmuster nacheinander eingelernt
werden und daraus die Toleranz berechnet wird.

Im parallelen Betrieb strahlen die Lichtquellen
amplitudenmoduliertes Licht mit verschiedenen Mo-
dulationsfrequenzen, die sich bspw. je um einen
Faktor 2.7 unterscheiden, ab, sodass sich die Licht-
komponenten zeitlich zumindest teilweise überlap-
pen. Alle amplitudenmodulierten Lichtkomponenten
werden ebenso zeitlich zumindest teilweise überlap-
pend vom Lichtempfänger empfangen, in elektroni-
sche Signale umgewandelt, verstärkt und in einer
zusätzlichen Separationselektronik separiert, vor-
zugsweise durch Bandpassfilter, die jeweils nur die
einzelnen Modulationsfrequenzen der verschiedenen
Lichtquellen durchlassen. Pro Lichtquelle wird ein
Auswertekanal benötigt, der die gesuchte Farbinfor-
mation liefert. Diese kann wiederum nach einer
Gleichrichtung und/oder einer Abtast/Halteschaltung
(sample/hold) von einem gemeinsamen A/D-Wand-
ler sequentiell bzw. von mehreren A/D-Wandlern pa-
rallel in ein bzw. mehrere digitale Signale umgewan-
delt werden. So steht die volle Farbinformation in di-
gitaler Form zur Verfügung und kann analog zum
sequentiellen Betrieb weiter ausgewertet und even-
tuell angezeigt werden. Eine weitere Möglichkeit der
Auswertung ist ein sehr schneller A/D-Wandler, der
ca. 5-mal schneller ist als die höchste Modulations-
frequenz und der die verstärkten Signale direkt,
ohne Separation in verschiedene Kanäle, in ein digi-
tales Signal umwandelt. Die Separation der ver-
schieden Frequenzen geschieht in dieser Variante
rechnerisch durch digitale Filter.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Fi-
guren detailliert beschrieben. Dabei zeigen schema-
tisch:

Fig. 1–6 verschiedene Ausführungsformen der er-
findungsgemässen Vorrichtung,

Fig. 7 einen Querschnitt durch ein diffraktives op-
tisches Element und dessen Wirkung auf einfallen-
des Licht,

Fig. 8–10 verschiedene Ausführungsformen des
erfindungsgemässen Farbmessgerätes ohne Licht-
leiter,

Fig. 11–13 verschiedene Ausführungsformen des
erfindungsgemässen Farbmessgerätes mit Lichtlei-
tern und

Fig. 14 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäs-
sen Farbmessgerätes.

Fig. 1 zeigt schematisch eine erste Ausführungs-
form einer erfindungsgemässen Vorrichtung 1, wel-
che als Sendermodul im erfindungsgemässen Farb-
messgerät verwendbar ist. Eine solche Vorrichtung
1 enthält mindestens zwei Lichtquellen 10.1–10.3,
die verschiedenfarbiges Licht 11.1–11.3 aussenden.
Im vorliegenden Beispiel sind drei nahe beieinan-
derliegende Lichtquellen 10.1–10.3 vorhanden, die
vorzugsweise rotes Licht 11.1, grünes Licht 11.2

bzw. blaues Licht 11.3 aussenden. (Um die Über-
sicht zu erleichtern, sind von den verschiedenen
Lichtquellen 10.1–10.3 ausgehende Lichtstrahlen
11.1–11.3 mit verschiedenen Symbolen, d.h. ausge-
zogen, gestrichelt bzw. strichpunktiert, angedeutet.)
Bei den Lichtquellen 10.1–10.3 handelt es sich vor-
zugsweise um Lumineszenzdioden ohne eingebaute
bündelnde Linse, also mit relativ grossem Abstrahl-
winkel und gut abbildbaren kleinen Leuchtflächen.
Solche Lumineszenzdioden sind als Chips erhält-
lich. Lumineszenzdioden mit eingebauten, bündeln-
den Linsen und eher kleinen Abstrahlwinkeln kön-
nen auch eingesetzt werden; dies sind bspw. Stan-
dard-Kunststoffbauteile. Als Lichtquellen 10.1–10.3
können auch Weisslichtquellen mit geeigneten
Farbfiltern, die hier nicht separat eingezeichnet
sind, eingesetzt werden.

Die Lichtquellen 10.1–10.3 sind in den Ausführ-
ungsbeispielen von Fig. 1–6 auf einer Geraden 12
angeordnet. Dies ist als bevorzugte Anordnung,
aber nicht im Sinne einer Einschränkung zu verste-
hen. In der erfindungsgemässen Vorrichtung 1 kön-
nen die Lichtquellen auch allgemeiner in einer Mon-
tageebene 13 verteilt sein oder ganz allgemein eine
andere räumliche Anordnung aufweisen.

Zweck der erfindungsgemässen Vorrichtung 1 ist
es, möglichst viel Licht der verschiedenfarbigen
Lichtquellen 10.1–10.3 auf einen einzigen, mög-
lichst kleinen Lichtfleck 20 mit möglichst homogener
Farbzusammensetzung auf einer (in Fig. 1 nicht
dargestellten) Probe zu fokussieren. Dazu werden
die stark divergierenden verschiedenfarbigen Licht-
komponenten 11.1–11.3 von einem bündelnden op-
tischen System 14, bspw. einer Sammellinse, ge-
bündelt, welches die Montageebene 13 der Licht-
quellen 10.1–10.3 ins Unendliche abbildet. Die
Lichtkomponenten verlassen also das bündelnde
optische System 14 in Form von drei Lichtbündeln
15.1–15.3, die in leicht verschiedene Richtungen
laufen. Die Richtungen der einzelnen Lichtbündel
15.1–15.3 sind durch die Lage der Lichtquellen 10.1–
10.3 in der Montageebene 13 und die Brennweite
des bündelnden optischen Systems 14 gegeben;
die Qualität der Bündelung ist umso grösser, je klei-
ner die Ausdehnung der Lichtquellen 10.1–10.3 und
je grösser die Brennweite des bündelnden opti-
schen Systems 14 ist. Die Lichtbündel 15.1–15.3
können sich gar nicht, teilweise oder fast vollständig
überlappen. Statt des einen bündelnden optischen
Systems 14 können bspw. auch einzelne, kleinere
Linsen die Lichtkomponenten 11.1–11.3 einer jeden
Lichtquelle 10.1–10.3 bündeln; solche kleineren Lin-
sen können bspw. bei Lumineszenzdioden auch di-
rekt an den Lichtquellen 10.1–10.3 angebaut sein.

Die Lichtbündel 15.1–15.3 fallen auf ein diffrakti-
ves optisches Element (DOE) 16 und werden von
diesem im Wesentlichen zu einem einzigen Licht-
bündel 17 kombiniert. Das heisst, dass das DOE 16
die Ausbreitungsrichtungen der Lichtbündel 15.1–
15.3 derart verändert, dass das Licht hinter dem
DOE 16 im Wesentlichen parallel läuft. Das DOE
lenkt die Lichtbündel 15.1–15.3 mittels Beugung um
verschiedene Winkel oder Winkelrichtungen ab. In
einem inneren Bereich 23 um die optische Achse
18 herum überlappen sich die verschiedenfarbigen

Lichtbündel; in einem äusseren Bereich 24, in grosser Entfernung von der optischen Achse 18, kann die Überlappung geringer sein, und es kann auch äussere Bereiche mit nur einer Farbe geben. Unerwünschte Bereiche 24 können bei Bedarf mit einer Blende 19 ausgeblendet werden, sodass auf die Probe einfallendes Licht 21 eine homogene Farbzusammensetzung aufweist.

Ein fokussierendes optisches System 22, bspw. eine Sammellinse, fokussiert das kombinierte, nunmehr parallele Licht 17 auf die Probe. Dank des DOE 16 ist es also möglich, Licht 11.1–11.3 von verschiedenfarbigen, an verschiedenen Orten positionierten Lichtquellen 10.1–10.3 auf einen einzigen Lichtfleck 20, vorzugsweise mit homogener Farbzusammensetzung, zu fokussieren.

In der Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung 1 von Fig. 2 übernimmt das DOE 16 nebst der Kombination der Lichtkomponenten 15.1–15.3 auch die Funktion des bündelnden optischen Systems 22 von Fig. 1, sodass auf ein solches fokussierendes optisches System 22 verzichtet werden kann. Das DOE 16 kombiniert und fokussiert die Lichtkomponenten 15.1–15.3 auf einen einzigen Lichtfleck 20, vorzugsweise mit homogener Farbzusammensetzung.

Auch Fig. 3 ist eine Variante der Ausführungsform von Fig. 1, wobei nun das DOE 16 nebst der Kombination der Lichtkomponenten 11.1–11.3 auch die Funktion des bündelnden optischen Systems 14 von Fig. 1 übernimmt, sodass auf ein solches bündelndes optisches System 14 verzichtet werden kann. Das DOE 16 kombiniert und bündelt die Lichtkomponenten 11.1–11.3 zu einem einzigen Lichtbündel 17 mit homogener Farbzusammensetzung, welches wiederum von einem fokussierenden optischen System 22 auf einen Lichtfleck 20 fokussiert wird.

Fig. 4 zeigt eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung 1, welche gänzlich ohne klassisch-optische Systeme 14, 22 auskommt. Das DOE 16 übernimmt alle optischen Funktionen, die zur Fokussierung der verschiedenfarbigen Lichtkomponenten 11.1–11.3 auf einen gemeinsamen Lichtfleck 20 nötig sind. Besonders elegant ist diese Ausführungsform deshalb, weil ihr mechanischer und optischer Aufbau sehr einfach und platzsparend ist. Das DOE 16 ist hier und in den anderen Figuren als planes Element gezeichnet, kann aber in allen Ausführungsformen durch ein gemischt diffraktiv/refraktives Element mit gewölbten optischen Flächen ersetzt werden.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung 1 dargestellt, in welcher das DOE 16 in Reflexion betrieben wird. Das Licht wird hier nebst der Bündelung, Kombination und Fokussierung auch vom DOE 16 reflektiert und bspw. um ca. 90°, je nach Farbe, abgelenkt.

Während in den Beispielen von Fig. 1–5 die verschiedenfarbigen Lichtkomponenten auf dieselbe Fläche des DOE 16 einfallen, ist das in Fig. 6 dargestellte DOE in verschiedene Sektoren 25.1–25.3 für die verschiedenen Farben aufgeteilt. Jede Lichtkomponente 11.1–11.3 fällt auf den ihr zugewiesenen Sektor 25.1–25.3 des DOE 16 ein und wird

von auf diesem Sektor 25.1–25.3 vorhandenen Beugungsstrukturen abgelenkt. Das DOE 16 ist so ausgelegt und angeordnet, dass die Lichtkomponenten 11.1–11.3 auf einen einzigen Lichtfleck 20, vorzugsweise mit homogener Farbzusammensetzung, fokussiert werden.

Weitere, hier nicht dargestellte Ausführungsformen des Sendermoduls 1 mit mindestens einem DOE 16 sind möglich. Die in den Fig. 1–6 dargestellten Ausführungsformen können miteinander auf verschiedene Arten kombiniert werden; so kann z.B. die Ausführungsform von Fig. 5 analog zu denjenigen von Fig. 1–3 mit einem bündelnden optischen System 14 und/oder einem fokussierenden optischen System 22 versehen werden.

Fig. 7 zeigt schematisch einen Querschnitt durch ein beispielhaftes DOE 16 und dessen mögliche Wirkung auf einfallendes Licht 15.1–15.3. Dabei sind Strukturen 26 auf dem DOE 16 sowohl in der Höhe z als auch in der Breite x übertrieben gezeichnet und stehen nicht im richtigen Verhältnis zu anderen Längen in der Fig. 7, bspw. zur Höhe des gesamten DOE 16 oder zur Breite der Lichtstrahlen 15.1–15.3, 17. Das DOE 16 ist in dieser Ausführungsform mit einem mehrstufigen binären Gitter 26 versehen. Eine seiner Flächen 27 enthält Furchen 29 mit stufenförmigem Profil, welches für die jeweilige Anwendung berechnet und optimiert werden kann. Auf das DOE 16 fallen bspw. drei verschiedenfarbige Lichtstrahlen 15.1–15.3 aus verschiedenen Richtungen ein, etwa wie in den Fig. 1 und 2. Die einzelnen Lichtstrahlen 15.1–15.3 werden vom binären Gitter 26 so abgelenkt, dass sie das DOE 16 als ein einziger Lichtstrahl 17 mit homogener Farbzusammensetzung verlassen.

Die Furchen 29 des DOE 16 können auch kontinuierlich statt stufenförmig sein. Das DOE 16 kann z.B. sägezahnförmig, also ein Blaze-Gitter, sein. Das einfachste Beispiel für ein DOE 16 wäre wohl ein einstufiges Amplituden- oder Phasengitter mit parallelen, in dieselbe Richtung verlaufenden gleichabständigen Gitterlinien. Ein solches einstufige Beugungsgitter würde bei richtig gewählter Gitterkonstante und richtig angeordneten Lichtquellen Anteile des verschiedenfarbigen einfallenden Lichtes in dieselbe Ausfallsrichtung abbeugen, z.B. rotes Licht 15.1 in der -1 . Beugungsordnung, grünes Licht 15.2 in der 0 . Beugungsordnung und blaues Licht 15.3 in der $+1$. Beugungsordnung. Das einstufige Beugungsgitter hat aber den Nachteil, dass Licht auch in andere Beugungsordnungen abgelenkt wird. Ein solcher Lichtverlust kann mit einem entsprechend berechneten und gestalteten Gitter 26, wie in Fig. 7 dargestellt, reduziert oder verhindert werden. Das mehrstufige Gitter 26 stellt mit seinen vier Strukturen pro Periode eine starke Vereinfachung des zu berechnenden Gitters dar. Es werden mehr Strukturen pro Periode benötigt, um optimale Eigenschaften wie hohe Effizienz für alle gewünschten spektralen Anteile zu erreichen.

Im Allgemeinen enthält das DOE 16 auch nichtparallele Beugungsstrukturen mit kompliziertem Verlauf, ähnlich einem Hologramm. Die Beugungsstrukturen können auf die Phase und/oder auf die Amplitude des einfallenden Lichtes wirken. Sie können

auf der vorderen Fläche 28, auf der hinteren Fläche 27 oder auf beiden Flächen 27, 28 des DOE 16 aufgebracht sein. Die Flächen 27, 28 des DOE 16 können plan oder gekrümmt sein; im letzteren Fall wirkt das DOE 16 nicht nur diffraktiv, sondern auch refraktiv.

Fig. 8 zeigt schematisch eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Farbmessgerät mit Sendermodul 1, Probe 2 und Empfängermodul 3. Das Sendermodul 1 kann nach einer der in den Fig. 1–6 dargestellten Ausführungsformen oder einer Kombination davon gestaltet sein. Ein Rahmen 5 symbolisiert ein Gehäuse des Farbmessgerätes.

Aus dem Sendermodul 1 austretendes Licht 21 wird auf einen kleinen Lichtfleck 20 auf der Probe 2 fokussiert und an der Probe 2 reflektiert und/oder gestreut. Mit dem erfindungsgemässen Farbmessgerät wird vorzugsweise an der Probe 2 gestreutes Licht 30 gemessen. Direkt reflektiertes Licht 31 ist äusserst empfindlich auf kleinste Rotationen der Probe 2 und für ein einfach zu handhabendes, robustes Farbmessgerät deshalb nicht sehr geeignet. Ein Teil des Streulichtes 30 fällt ins Empfängermodul 3 und wird dort von einem fokussierenden optischen System 32, bspw. von einer Sammellinse, auf einen Lichtempfänger 33, bspw. eine Photodiode, fokussiert. Die Optik im Empfängermodul 3 kann auch anders gestaltet sein. In einer anderen, hier nicht dargestellten Ausführungsform könnte das fokussierende optische System 32 im Empfängermodul 3 durch ein DOE im Empfängermodul 3 ersetzt werden.

Für gute Farbmessungen ist es vorteilhaft, wenn nur Licht vom Lichtfleck 20 auf der Probe 2 empfangen wird, anderes Licht hingegen nicht oder möglichst wenig in den Lichtempfänger 33 gelangt; solches unerwünschtes Licht kann bspw. Streulicht oder andere Beugungsordnungen vom DOE 16 auf der Probe 2 oder an der Probe 2 reflektiertes oder gestreutes Fremdlicht sein. Deshalb wird vorzugsweise das Empfangsfeld des Empfängermoduls 3 eingeschränkt. Dies kann mit einer geeigneten, in Fig. 8 nicht eingezeichneten Blende erreicht werden. Eine andere Möglichkeit zur Einschränkung des Empfangsfeldes besteht darin, den Lichtempfänger 33 bzw. seine aktive Fläche 34 so klein zu gestalten, dass nur oder vorwiegend der Lichtfleck 20 auf der Probe 2 vom fokussierenden optischen System 32 in den Lichtempfänger 33 abgebildet wird.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemässen Farbmessgerätes ist in Fig. 9 dargestellt. Sie unterscheidet sich von derjenigen von Fig. 8 hauptsächlich durch den grossen Winkel α , bspw. $\alpha = 45^\circ$, zwischen dem auf die Probe 2 einfallenden Licht 21 und dem zum Empfängermodul 3 hinlaufenden Licht 30. In der hier dargestellten Ausführungsform fällt das Licht 21 ca. senkrecht, d.h. unter einem Einfallswinkel von ca. 0° , auf die Probe 2 ein, und es wird Licht 30 empfangen, welches unter einem Winkel von ca. 45° die Probe verlässt.

In Fig. 10 ist eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemässen Farbmessgerätes dargestellt. Gebündeltes Licht 17 aus einem Sendermodul 1, das bspw. wie in Fig. 1 oder 3 ausgebildet sein

kann, wobei aber das fokussierende optische System 22 fehlt, trifft auf einen Strahlteiler 6, bspw. einen 50% Strahlteiler. Das vom Strahlteiler 6 transmittierte Licht 60 wird von einem auf die Probe 2 fokussierenden optischen System 61, bspw. einer Sammellinse, auf die Probe 2 fokussiert. Von der Probe 2 zurückgeworfenes, vorzugsweise gestreutes Licht 30 wird von demselben optischen System 61 gebündelt und trifft erneut auf den Strahlteiler 6; direkt reflektiertes Licht 31 wird normalerweise nicht gebraucht. Ein Teil dieses zurücklaufenden Lichtes 30 wird am Strahlteiler 6 zum Empfängermodul 3 hin reflektiert. Im Empfängermodul 3 wird das Licht 30 von einem fokussierenden optischen System 32 auf einen Lichtempfänger 33, bspw. eine Photodiode, fokussiert. Eine Punktblende 62 im Bereich des fokussierenden optischen Systems 61, bspw. ein schwarzer Fleck auf einer Sammellinse, kann erreichen, dass möglichst wenig vom Sendermodul 1 kommendes Licht vom fokussierenden optischen System 61 in das Empfängermodul 3 zurückreflektiert wird. Der Vorteil dieser Ausführungsform mit Strahlteiler 6 besteht darin, dass wesentliche Elemente koaxial angeordnet sind und deshalb das Farbmessgerät wenig empfindlich auf Unterschiede in den Probenabständen reagiert.

Ein am Strahlteiler 6 reflektierter Anteil 40 des Lichtes 17 kann für eine Referenzmessung zur Regelung der Leistung der Lichtquellen 10.1–10.3 oder zur rechnerischen Kompensation der digitalen Farbmesswerte benützt werden. Mit der Regelung bzw. Kompensation können bspw. temperatur- oder altersbedingte Leistungsschwankungen kompensiert werden. Zu diesem Zweck kann mindestens ein Referenz-Empfängermodul 4 mit einem fokussierenden optischen System 42 und einem Referenz-Lichtempfänger 43 vorgesehen sein.

Selbstverständlich könnte zur Beleuchtung der Probe 2 auch vom Strahlteiler 6 reflektiertes Licht 40 und zur Referenzmessung vom Strahlteiler 6 transmittiertes Licht 60 verwendet werden. Ein Referenz-Empfängermodul 4 kann übrigens auch in den anderen in dieser Schrift beschriebenen Ausführungsformen eingebaut sein. Das für die Referenzmessung benötigte Licht 40 kann bspw. mit einem Strahlteiler 6, als parasitäre Reflexion an einer optischen Fläche oder als weitere, für die Beleuchtung der Probe 2 nicht benötigte Beugungsordnung des DOE 16 abgezweigt werden.

In der Ausführungsform von Fig. 11 wird ein erster Lichtleiter 71 eingesetzt, um Licht zur Probe 2 hin zu leiten, und ein zweiter Lichtleiter 72, um Licht von der Probe 2 weg zu leiten. Die Lichtleiter 71, 72 können bspw. Glasfasern, Glasfaserbündel oder Kunststofflichtleiter sein. Ein Messkopf 7 enthält vorzugsweise ein auf die Probe 2 fokussierendes optisches System 73, welches aus dem ersten Lichtleiter 71 austretendes Licht 74 auf die Probe 2 fokussiert und von der Probe 2 reflektiertes oder gestreutes Licht 75 in den zweiten Lichtleiter 72 einkoppelt. Der erste Lichtleiter 71 und der zweite Lichtleiter 72 werden vorzugsweise gemischt, wie durch eine Y-Verzweigung 76 angedeutet. Handelt es sich bei den Lichtleitern 71, 72 um Glasfaserbündel, so können die einzelnen Glasfasern zufällig

oder speziell koaxial gemischt werden. Ansonsten kann Licht aus dem einen Lichtleiter in den anderen übergekoppelt oder Licht aus beiden Lichtleitern 71, 72 in einen dritten Lichtleiter 77, welcher in den Messkopf 7 mündet, eingekoppelt werden. Das Sendermodul 1 und das Empfängermodul 3 sind im Wesentlichen gleich wie in der Ausführungsform von Fig. 8 oder 9.

Eine zur Ausführungsform von Fig. 10 analoge Ausführungsform mit einem Lichtleiter 71 zeigt Fig. 12. Ein Strahlteiler 6 ist wiederum derart im Strahlengang angeordnet, dass zumindest ein Teil des vom Sendermodul 1 ausgesandten Lichtes 17 zur Probe 2 gelangt und zumindest ein Teil des von der Probe 2 herkommenden Lichtes 30 ins Empfängermodul 3 gelangt. Vorteilhaft an dieser Ausführungsform gegenüber derjenigen von Fig. 11 ist die Tatsache, dass bloss ein einziger Lichtleiter 71 gebraucht wird, welcher Licht gleichzeitig zur Probe 2 hin und von der Probe 2 weg leitet. Ausserdem kann, wie anlässlich der Fig. 10 erläutert, ein Referenz-Empfängermodul 4 auf besonders einfache Weise eingebaut werden. Der Strahlteiler 6 ist nämlich derart im Strahlengang angeordnet, dass ein Teil 40 des vom Sendermodul 1 ausgesandten und nicht von der Probe 2 herkommenden Lichtes ins Referenz-Empfängermodul 4 gelangt.

Fig. 13 zeigt schliesslich eine Ausführungsform des erfindungsgemässen Farbmessgerätes, welches in Transmission misst, d.h. die Probe 2 durchleuchtet. Dazu werden vorteilhafterweise, wie in der Ausführungsform von Fig. 11, zwei Lichtleiter 71, 72 eingesetzt: ein erster Lichtleiter 71, welcher Licht zur Probe 2 hin leitet, und ein zweiter Lichtleiter 72, welcher transmittiertes Licht von der Probe 2 weg leitet. Am Ende des ersten Lichtleiters 71 bzw. des zweiten Lichtleiters 72 befindet sich ein erster Messkopf 7 bzw. ein zweiter Messkopf 8, wobei die Messköpfe 7 bzw. 8 mit einem fokussierenden optischen System 73 bzw. einem bündelnden optischen System 78 ausgestattet sein können. In einer leicht verschiedenen, nicht dargestellten Ausführungsform können die Enden der Lichtleiter 71, 72 in einen einzigen Messkopf montiert sein, in welchen die Probe 2 einsetzbar ist. Natürlich können Messungen in Transmission auch von erfindungsgemässen Farbmessgeräten ohne Lichtleiter ausgeführt werden; die geometrische Anordnung von Sendermodul 1 und Empfängermodul 3 ist dann entsprechend zu gestalten.

Fig. 14 zeigt ein beispielhaftes Blockschaltbild eines erfindungsgemässen Farbmessgerätes, welches für den sequentiellen Betrieb konzipiert ist. Ein Mikrokontroller 80 dient hauptsächlich der Steuerung der Lichtquellen 10.1–10.3 und der Auswertung von vom Lichtempfänger 33 empfangenen Signalen.

Eintreffendes Licht wird vom Lichtempfänger 33 empfangen und in ein elektrisches Signal 81 umgewandelt. Das Signal 81 des Lichtempfängers 33 wird von einem Verstärker 82 verstärkt. Danach wird es von einem Abtast/Halte-Schaltkreis (sample/hold) 83 zwischengespeichert und von einem Analog/Digital-Wandler 84 in ein digitales Signal 85 umgewandelt, welches dem Mikrokontroller 80 zugeführt wird.

Die Lichtquellen 10.1–10.3 werden über einen Schalter 86 angesteuert. Zum Ausgleich der üblicherweise stark unterschiedlichen Strahlungsleistungen der verschiedenfarbigen Lichtquellen 10.1–10.3 gibt es bspw. folgende, auch kombinierbare Möglichkeiten. Erstens kann die Pulslänge der Lichtquellen 10.1–10.3 unterschiedlich lang, bspw. umgekehrt proportional zu ihren Strahlungsleistungen, sein; in dieser Variante ist es vorteilhaft, ein integrierendes Glied 87 zwischen den Lichtempfänger 33 und den Analog/Digital-Wandler 84 einzufügen. Zweitens können die Strahlungsleistungen durch variable Verstärker 88.1–88.3 vor den einzelnen Lichtquellen 10.1–10.3 an die kleinste vorkommende Strahlungsleistung angepasst werden. Drittens kann eine Empfindlichkeitsanpassung durch einen variablen, vom Mikrokontroller 80 gesteuerten Verstärker 82 hinter dem Lichtempfänger 33 erreicht werden.

Die Farbinformation kann über einen oder mehrere Ausgangstreiber 89 auf einen oder mehrere Ausgänge ausgegeben werden. Ein Bedienungs- und/oder Anzeigemodul 90 dient der Kommunikation mit einem Bediener. Ein Speicher 91 dient bspw. zur Speicherung von Referenzdaten.

Der Abtast/Halte-Schaltkreis 83, der Analog/Digital-Wandler 84, der Schalter 86 und/oder der Speicher 91 können auch physische Bestandteile des Mikrokontrollers 80 sein.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) in einem Farbmess- und/oder Farberkengerät, enthaltend mindestens zwei Lichtquellen (10.1–10.3), deren hauptsächliche Strahlungsleistungen in verschiedenen Wellenlängenbereichen liegen, und mindestens ein diffraktives optisches Element (16), welches derart angeordnet ist, dass es von den Lichtquellen (10.1–10.3) angestrahlt wird, und mit dessen Hilfe von den verschiedenen Lichtquellen (10.1–10.3) ausgesandte verschiedenfarbige Lichtkomponenten (11.1–11.3, 15.1–15.3) derart kombinierbar sind, dass sie im Wesentlichen auf einen einzigen Lichtfleck (20) fokussierbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das diffraktive optische Element (16) derart gestaltet und angeordnet ist, dass mit dem diffraktiven optischen Element (16) die verschiedenfarbigen Lichtkomponenten (15.1–15.3) mittels Beugung um verschiedene Winkel oder Winkelrichtungen ablenkbar sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das diffraktive optische Element (16) derart gestaltet und angeordnet ist, dass es auf die verschiedenfarbigen Lichtkomponenten (11.1–11.3, 15.1–15.3) bündelnd und/oder fokussierend wirkt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass das diffraktive optische Element (16) ein ein- oder mehrstufiges binäres Gitter (26) oder ein kontinuierliches Gitter enthält.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–4, gekennzeichnet durch mindestens ein optisches

System (14, 22), welches derart vor und/oder nach dem diffraktiven optischen Element (16) im Strahlengang angeordnet ist, dass es auf die verschiedenfarbigen Lichtkomponenten (11.1–11.3, 15.1–15.3, 17) bündelnd und/oder fokussierend wirkt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–5, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (10.1–10.3) Lumineszenzdiode oder Diodenlaser sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass sie drei Lichtquellen (10.1–10.3) mit den Farben Rot, Grün und Blau enthält.

8. Gerät zur Farbmessung und/oder Farberkennung an einer Probe (2) unter Verwendung der Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 17 als Sendermodul (1), welches derart angeordnet ist, dass vom Sendermodul (1) ausgesandtes Licht (21) auf einen Lichtfleck (20) auf der Probe (2) fokussierbar ist, und mit einem Empfängermodul (3), beinhaltend mindestens einen Lichtempfänger (33), welcher derart angeordnet ist, dass vom Lichtempfänger (33) Licht (30), das von der Probe (2) her kommt, empfangbar ist.

9. Gerät nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch einen Strahlteiler (6), welcher derart im Strahlengang angeordnet ist, dass zumindest ein Teil des vom Sendermodul (1) ausgesandten Lichtes (17) zur Probe (2) gelangt und zumindest ein Teil des von der Probe (2) herkommenden Lichtes (30) ins Empfängermodul (3) gelangt.

10. Gerät nach Anspruch 8 oder 9, gekennzeichnet durch mindestens ein Referenz-Empfängermodul (4) zur Regelung der Leistung der Lichtquellen (10.1–10.3), oder zur rechnerischen Kompensation von digitalen Farbmesswerten.

11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenz-Empfängermodul derart angeordnet ist, dass ein Teil (40) des vom Sendermodul (1) ausgesandten und nicht von der Probe (2) herkommenden Lichtes über einen Strahlteiler (6), über eine Reflexion an einer optischen Fläche oder über eine Beugungsordnung des diffraktiven optischen Elementes (16) ins mindestens eine Referenz-Empfängermodul (4) gelangt.

12. Gerät nach einem der Ansprüche 8–11, gekennzeichnet durch mindestens einen Lichtleiter (71, 72), welcher derart angeordnet ist, dass er Licht zur Probe (2) hin und/oder von der Probe (2) weg leitet.

13. Verfahren zur Farbmessung und/oder Farberkennung an einer Probe (2), ausführbar mit dem Gerät nach einem der Ansprüche 8–12, wobei Licht (11.1–11.3) von mindestens zwei Lichtquellen (10.1–10.3), deren hauptsächliche Strahlungsleistungen in verschiedenen Wellenlängenbereichen liegen, ausgesandt wird und auf die Probe (2) fokussiert werden soll, das ausgesandte Licht (21) mit der Probe (2) in Wechselwirkung tritt, von der Probe (2) herkommendes Licht (30) empfangen und in ein elektrisches Signal (81) umgewandelt wird, das in direktem Zusammenhang mit der Farbe der Probe (2) steht, dadurch gekennzeichnet, dass von den verschiedenen Lichtquellen (10.1–10.3) ausgesandte verschiedenfarbige Lichtkomponenten (11.1–11.3,

15.1–15.3) mithilfe mindestens eines diffraktiven optischen Elementes (16) derart kombiniert werden, dass sie im Wesentlichen auf einen einzigen Lichtfleck (20) fokussiert werden oder fokussierbar sind.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zur Probe (2) hin und von der Probe (2) her laufendes Licht im Wesentlichen auf demselben Lichtpfad läuft.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass jede Lichtquelle (10.1–10.3) periodisch Lichtpulse mit dazwischenliegenden Pausen aussendet.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Lichtquelle (10.1–10.3) nach der anderen Lichtpulse aussendet, wobei die Repetitionsfrequenz für alle Lichtquellen (10.1–10.3) gleich ist.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtpulse der Lichtquellen (10.1–10.3) nacheinander empfangen, in elektrische Signale (81) umgewandelt, verstärkt, in ein digitales Signal (85) umgewandelt und Sequenzen dieses digitalen Signals (85) durch eine Synchronisation mit den Pulsen der verschiedenen Lichtquellen (10.1–10.3) den verschiedenen Farben der Lichtquellen (10.1–10.3) zugeordnet werden.

18. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquellen (10.1–10.3) amplitudenmoduliertes Licht mit verschiedenen Modulationsfrequenzen aussenden.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das amplitudenmodulierte Licht aller Lichtquellen (10.1–10.3) zeitlich zumindest teilweise überlappend empfangen, in elektronische Signale umgewandelt, verstärkt sowie in einer zusätzlichen Separationselektronik separiert und in mindestens ein digitales Signal umgewandelt oder direkt in ein digitales Signal umgewandelt und rechnerisch durch digitale Filter den einzelnen Lichtquellen (10.1–10.3) zugeordnet wird.

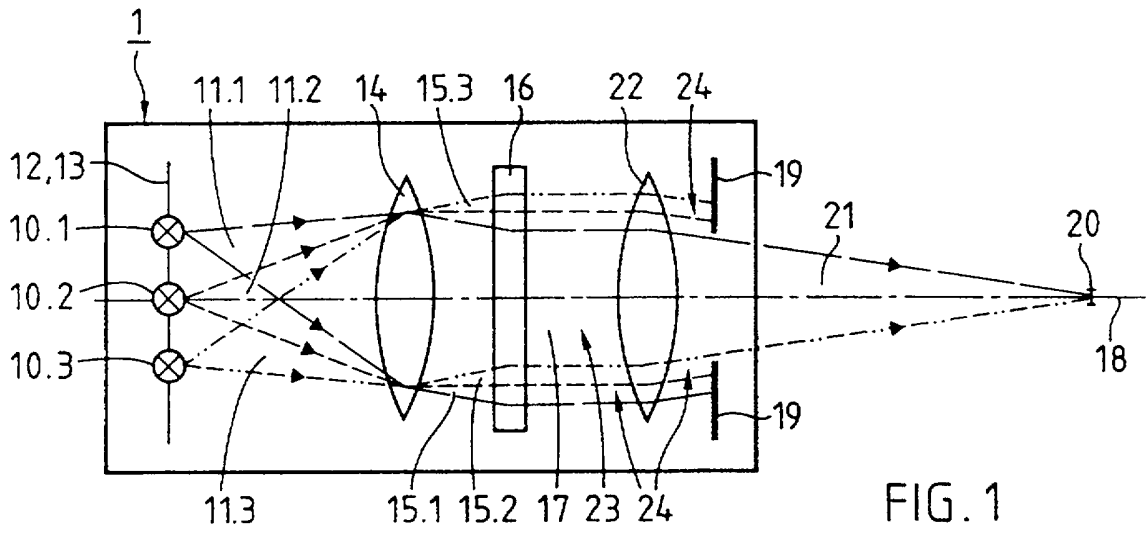


FIG. 1

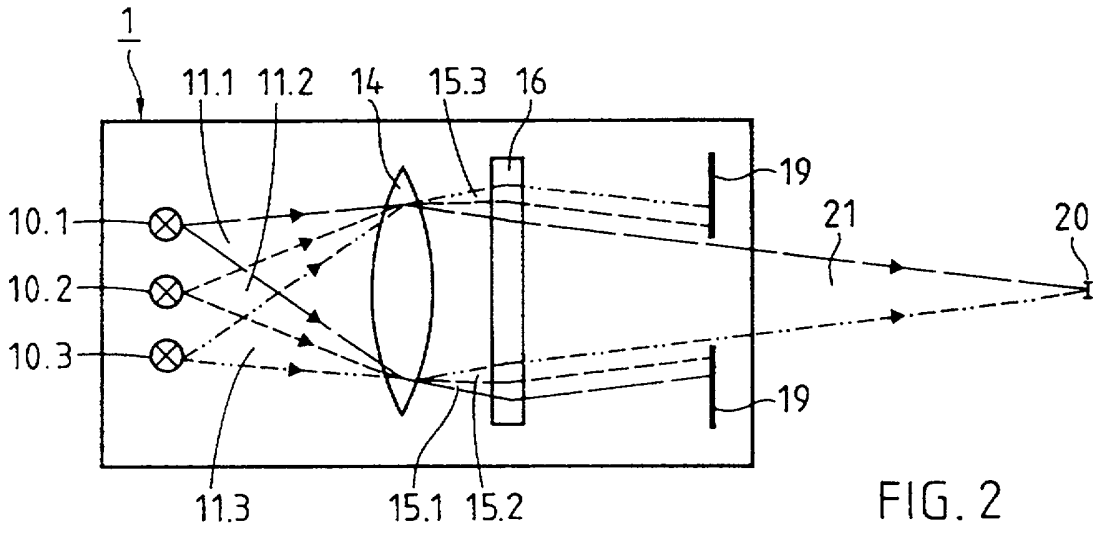


FIG. 2

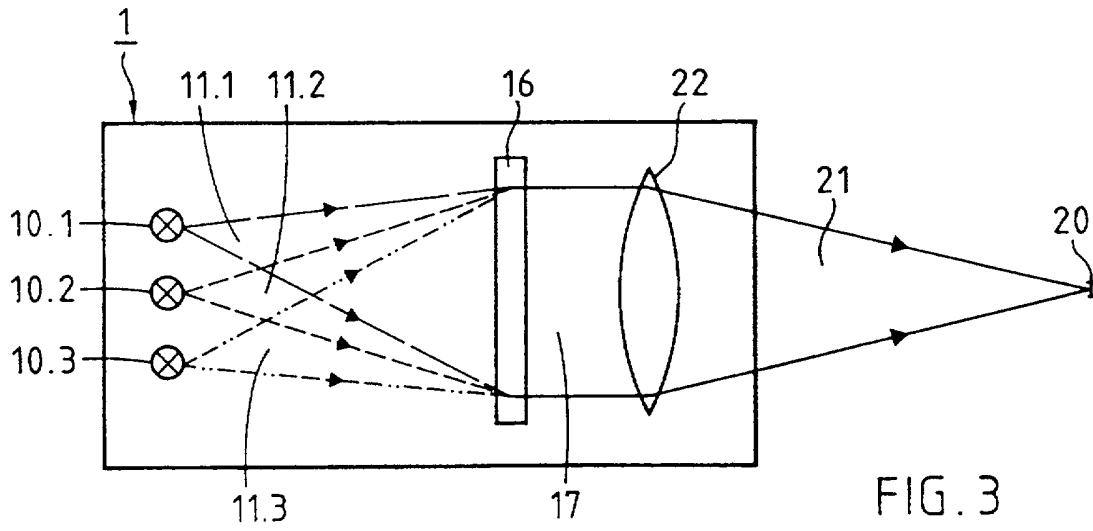


FIG. 3

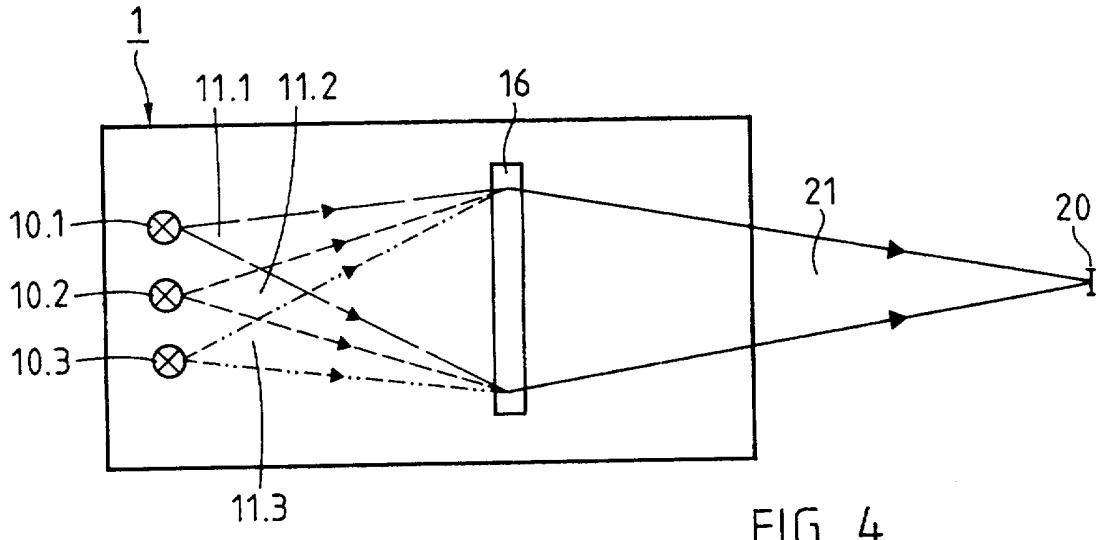


FIG. 4

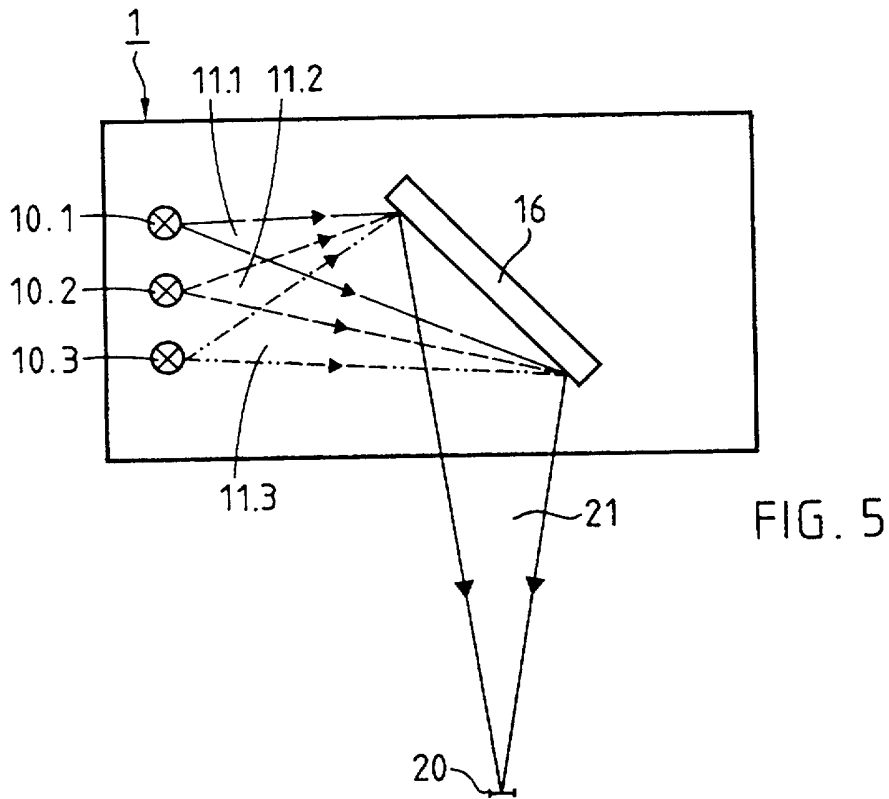


FIG. 5

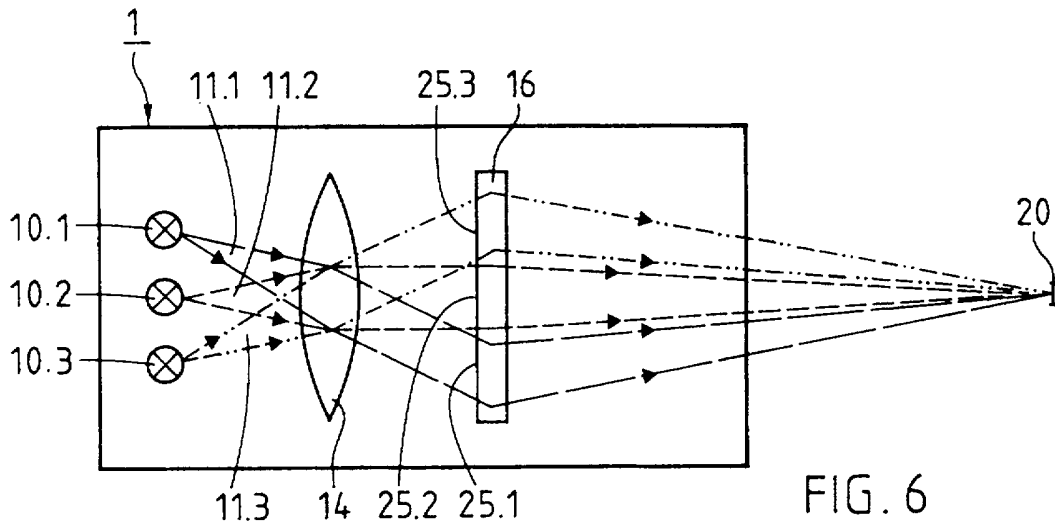


FIG. 6

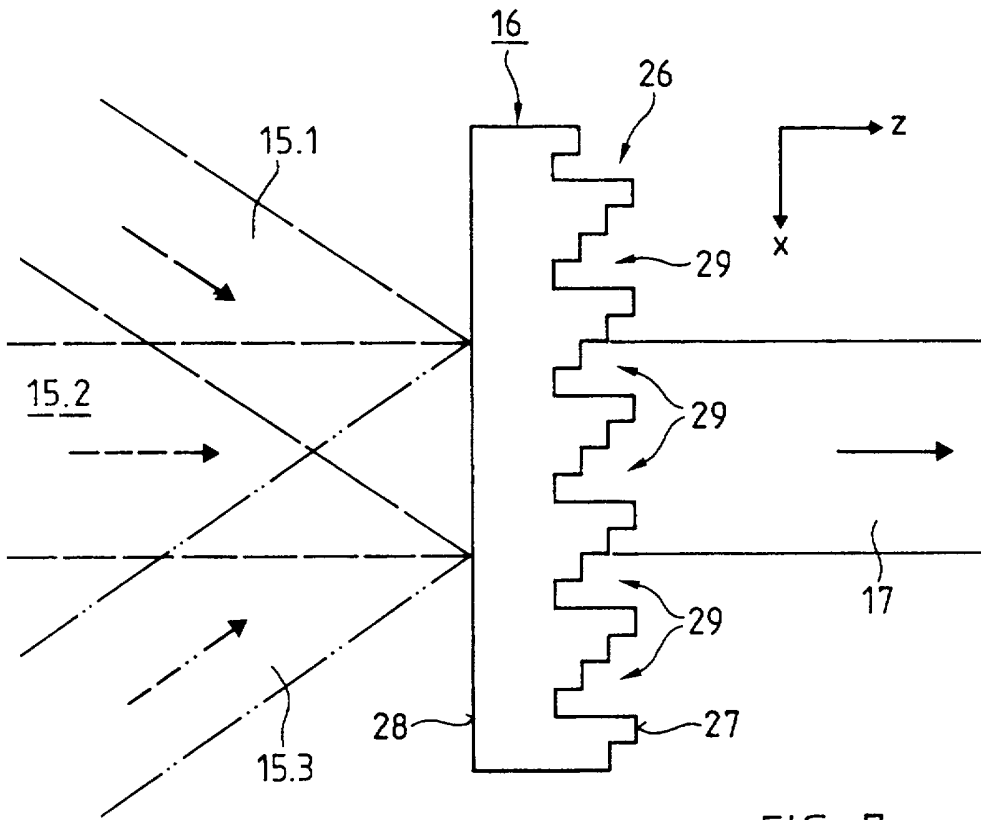


FIG. 7

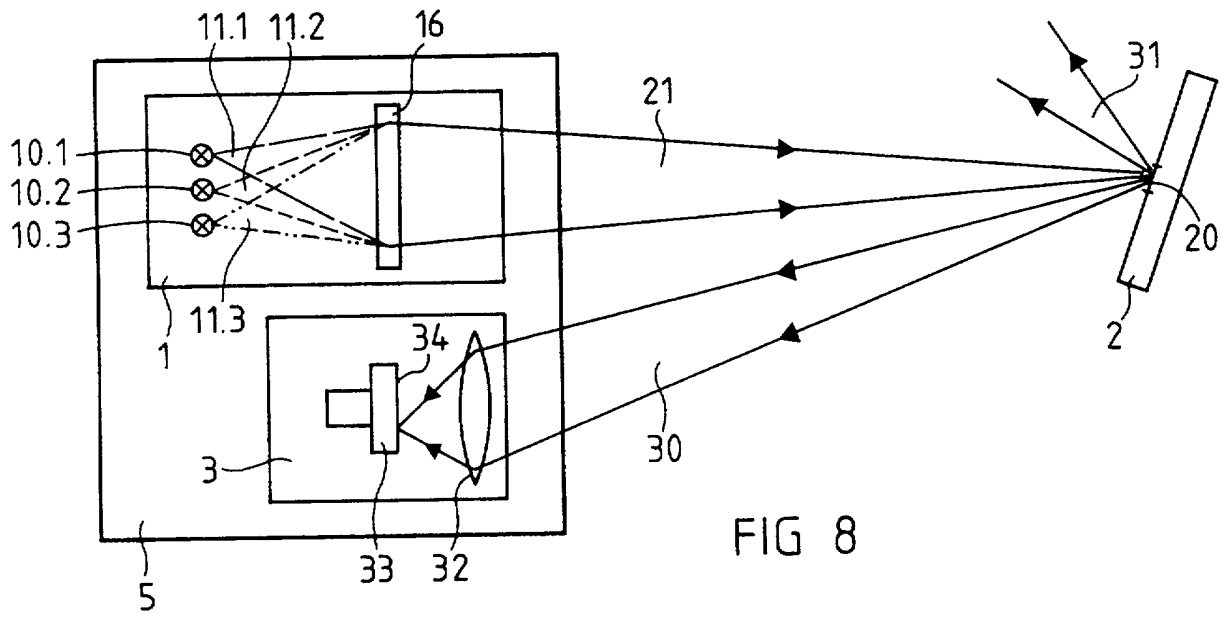


FIG 8

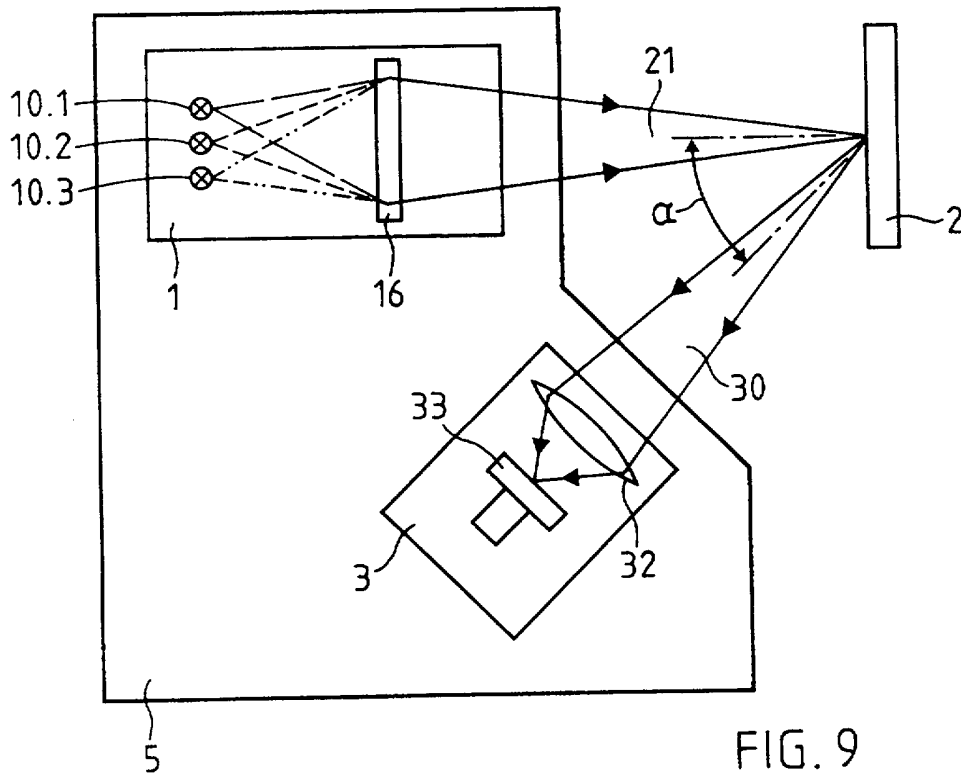
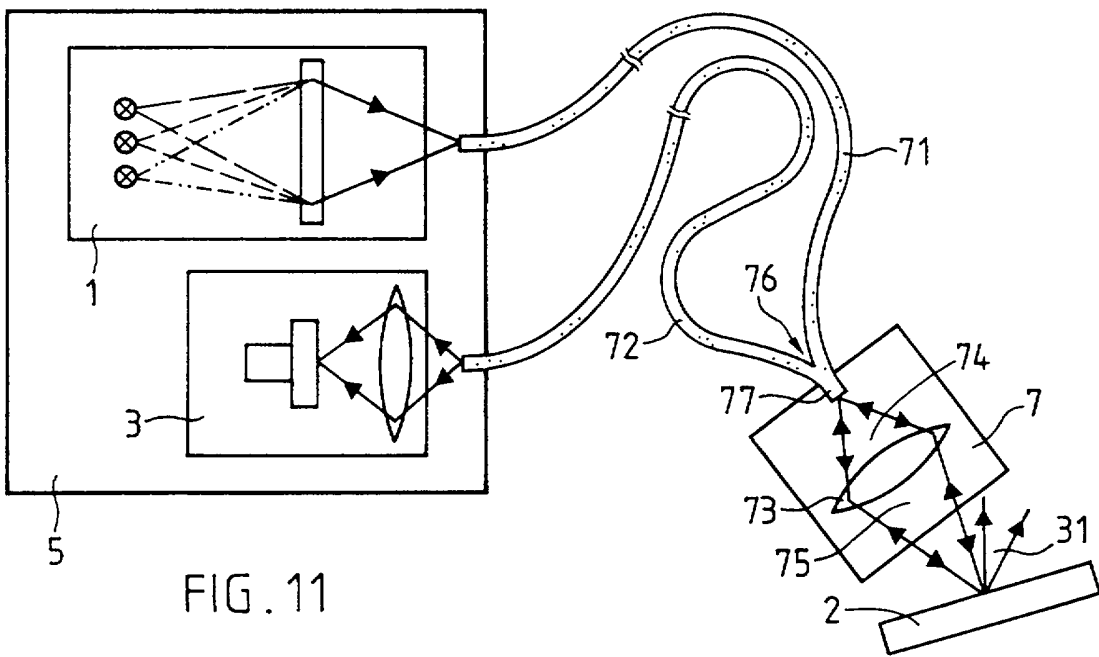
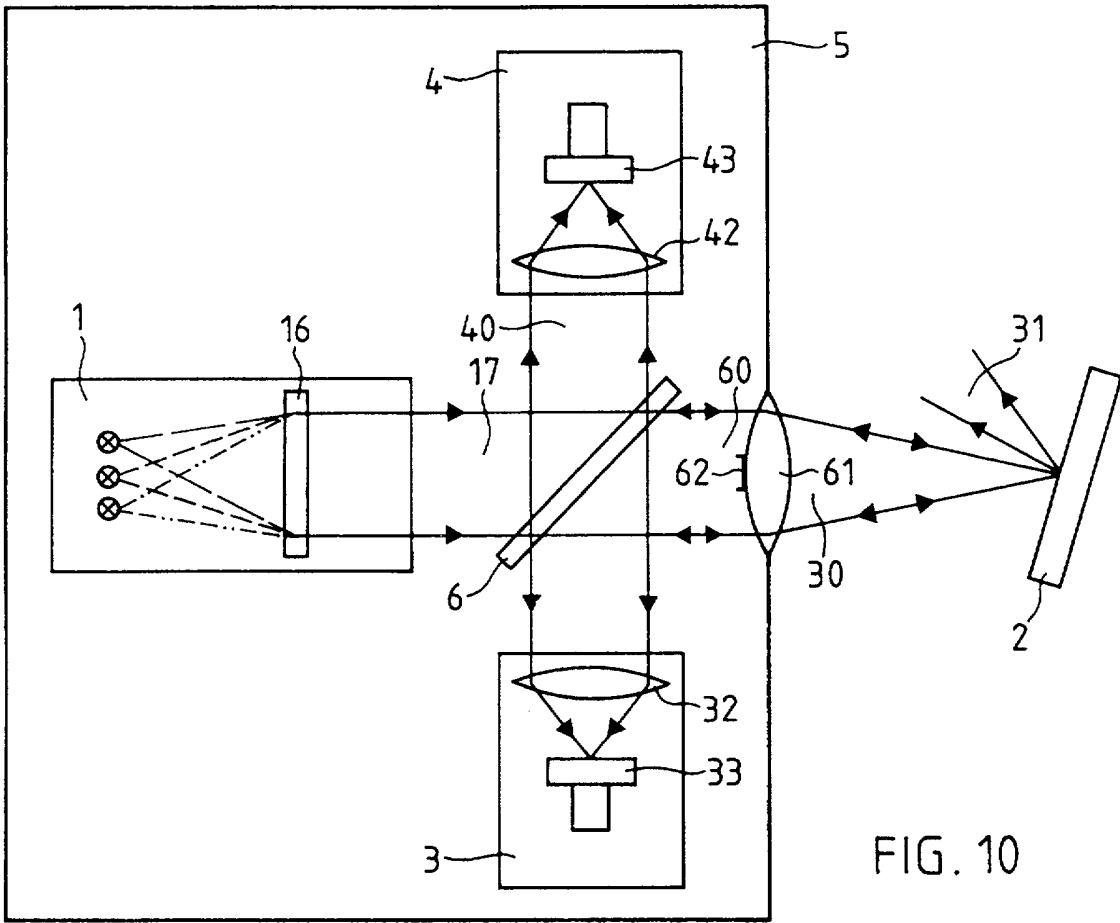
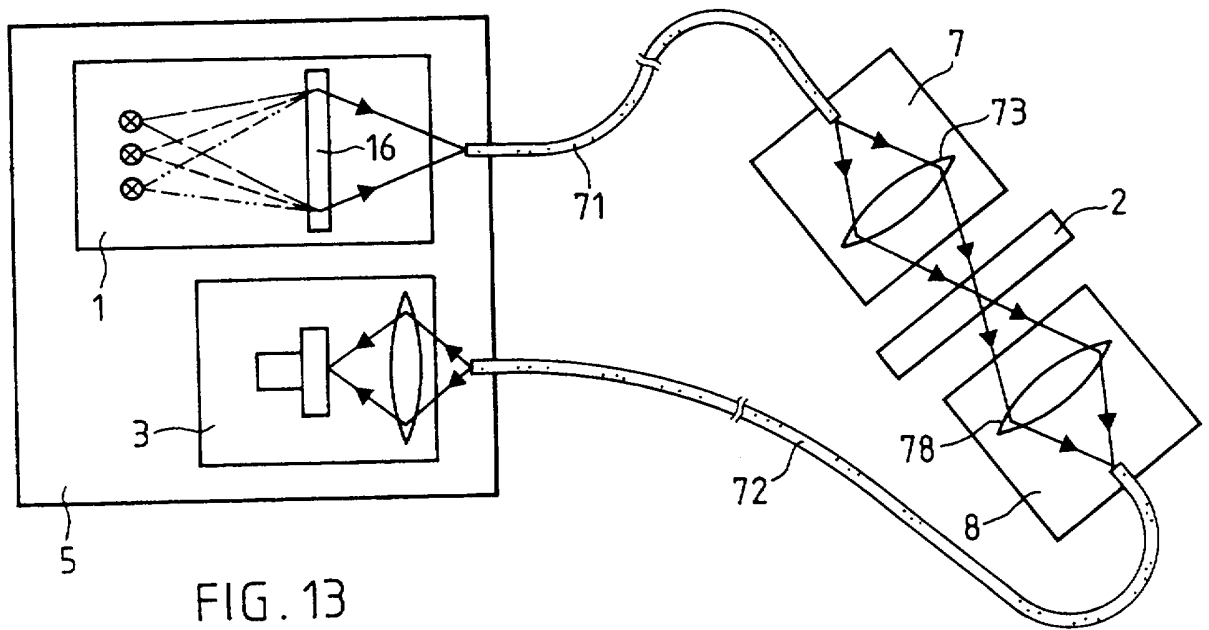
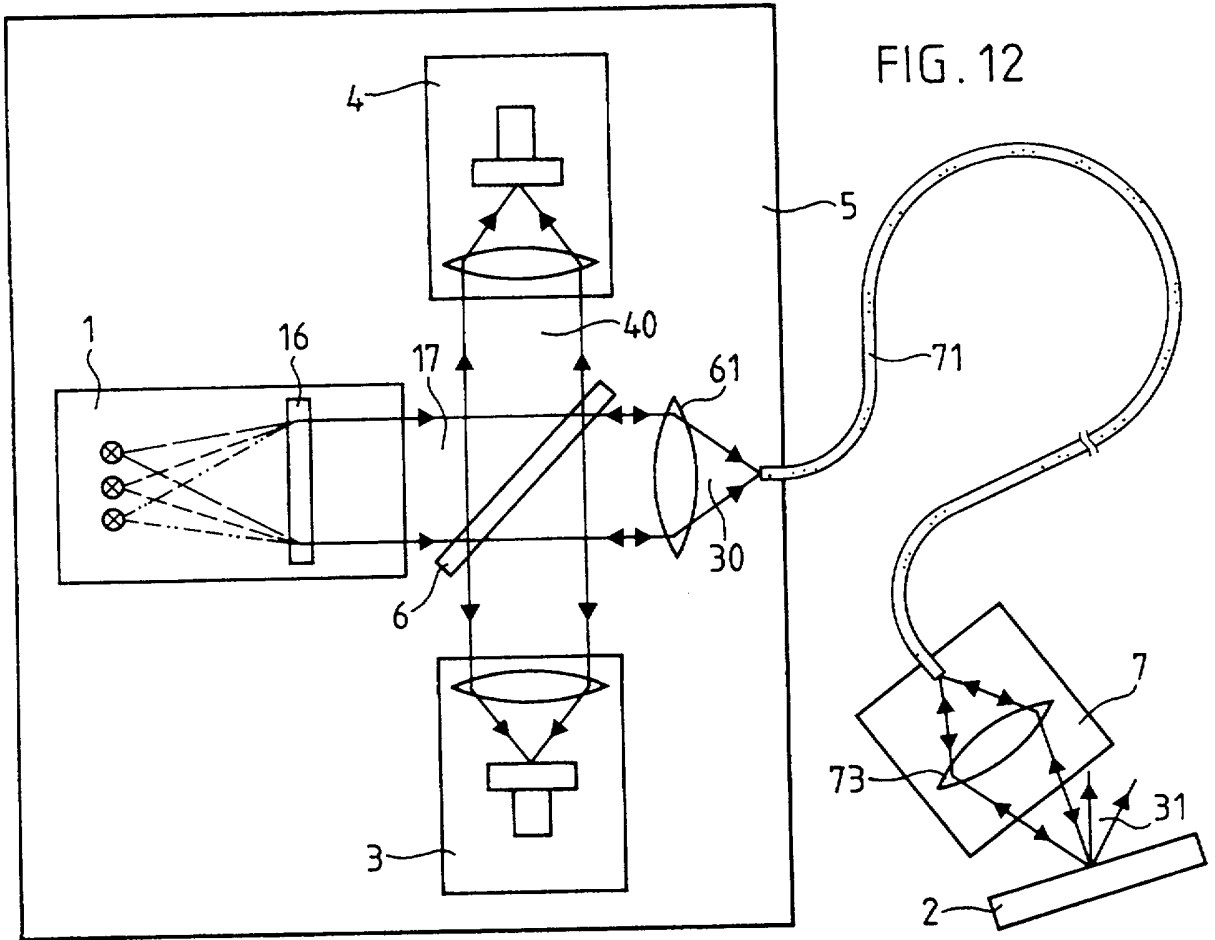


FIG. 9





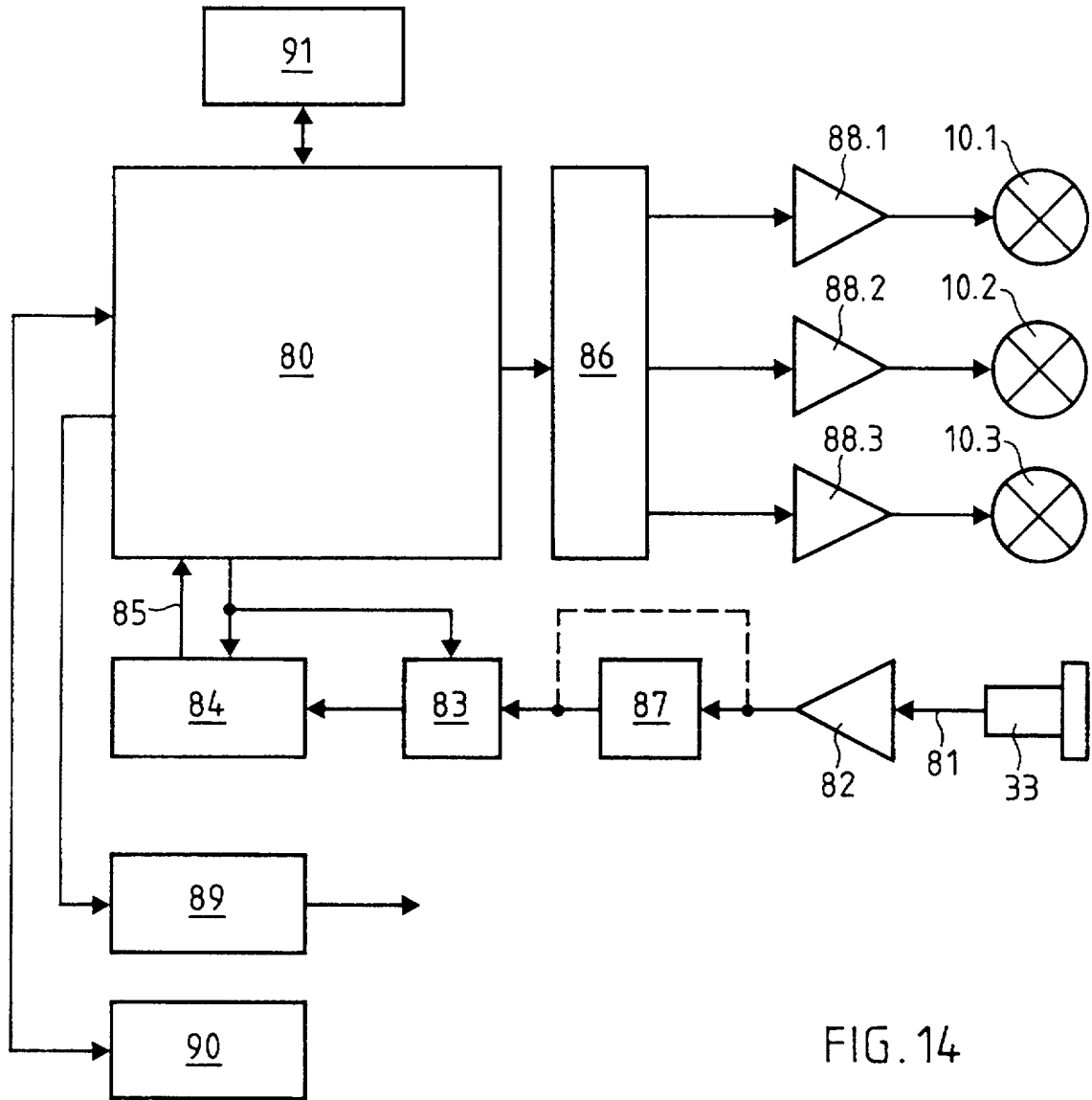


FIG. 14