



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 232 756 A5

4(51) G 01 J 3/50

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	AP G 01 J / 273 088 6	(22)	06.02.85	(44)	05.02.86
(31)	8400380	(32)	07.02.84	(33)	NL

(71)	siehe (73)
(72)	Breemer, Johannes, NL
(73)	N.V. Optische Industrie „De Oude Delft“, 2612 XE Delft, NL

(54) Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden

(57) Ziel und Aufgabe der Erfindung bestehen darin, die Vorrichtung so auszugestalten, daß die Farbmessung von störenden Faktoren unabhängig ist, um Farbunterschiede, wie sie in einer Gasdetektionseinrichtung für schädliche Gase auftreten, schnell und sicher feststellen zu können. Die Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden eines zu untersuchenden Materials, umfaßt eine erste Lichtquelle mit einer ersten Farbe und eine zweite Lichtquelle mit einer zweiten Farbe; ein optisches System, das einen Teil des Lichtes sowohl der ersten wie der zweiten Lichtquelle auf erste bzw. zweite, im Abstand voneinander liegende Meßbereiche richtet, wobei in der Nähe jedes Meßbereiches Mittel zum Messen der von dem Material reflektierten Lichtmenge vorgesehen sind; elektronische Schaltorgane zum abwechselnden Erregen der ersten und der zweiten Lichtquelle; Mittel zum Transportieren des Materials; Mittel zum Steuern der Stärke der zweiten Lichtquelle in Abhängigkeit von der gemessenen Reflexion des Lichtes der ersten Lichtquelle und Mittel zum Steuern der Stärke der zweiten Lichtquelle in Abhängigkeit von der gemessenen Reflexion des Lichtes der ersten Lichtquelle und Mittel zum Bestimmen eines Farbunterschiedes aus den gemessenen Reflexionswerten.

Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden eines zu untersuchenden Materials, versehen mit Mitteln zum Beleuchten des Materials, Mitteln zum Messen der von dem Material reflektierten Lichtmenge und Mitteln zum Befördern des Materials.

Die Vorrichtung gemäß der Erfindung eignet sich besonders zur Anwendung in einer Gasdetektionseinrichtung, die versehen ist mit einem Material, das zum Verfärben unter Einfluß von Gasen behandelt ist, und mit einem Mittel, das Material mit diesen Gasen in Berührung zu bringen. Die Anwendung der Vorrichtung gemäß der Erfindung ist jedoch nicht auf Gasdetektionseinrichtungen beschränkt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Eine derartige Gasdetektionseinrichtung ist aus der US-PS 4.032.297 bekannt und ist bestimmt zum Feststellen von schädlichen Gasen verschiedener Art, die in der Luft vorhanden sein können. Bei der bekannten Vorrichtung besteht das Material aus einem streifenförmigen Kunststoffträger, auf dem eine Schicht Chemikalien angebracht ist. Die Chemikalien verfärben sich bei Anwesenheit der festzustellenden schädlichen Gase und bei Abwesenheit der Gase verfärben sie sich

nicht. Die Anwesenheit von schädlichen Gasen wird dadurch festgestellt, daß eine Meßstelle auf dem Materialstreifen mit Hilfe einer Lichtquelle beleuchtet wird und das von der Oberfläche des Materialstreifens reflektierte Licht mit Hilfe einer Photodiode gemessen wird, sodann die zu kontrollierende Luft der Meßstelle zugeführt wird und nach einiger Zeit aufs neue die Reflexion gemessen wird. Wenn die gemessene Änderung in der Reflexion einen zuvor bestimmten Grenzwert übersteigt, wird ein Alarmsignal abgegeben. Zwischen der Messung des ersten und des zweiten Reflexionswertes wird der Materialstreifen nicht transportiert, so daß eine einzige Lichtquelle und eine einzige Photodiode genügen.

Ein Nachteil der bekannten Vorrichtung ist, daß das Maß der Verfärbung des Materialstreifens verhältnismäßig groß sein muß, um genau bestimmen zu können, ob gegebenenfalls schädliches Gas vorhanden ist, eine geringe Verfärbung kann im Zusammenhang mit Intensitätsvariationen in der Lichtquelle und Nichtlinearitäten in insbesondere dem Lichtdetektor und der daran angeschlossenen elektronischen Schaltung nicht genau bestimmt werden, während auch langfristige Änderungen in der Intensität der Lichtquelle und die Empfindlichkeit der Photodiode es notwendig machen, das Maß der Verfärbung des Materialstreifens, bei dem ein Alarmsignal abgegeben wird, zum Vermeiden eines falschen Alarms ziemlich groß zu wählen. Insbesondere beim Feststellen sehr schädlicher Gase, wie Giftgase, ist es jedoch von großem Belang, möglichst bald eine zuverlässige Anzeige der Anwesenheit solcher Gase zu erhalten. Zum Feststellen bestimmter Gase kann ein hydrophiles, gazeartiges gewebtes bandförmiges Material angewendet werden, das im Nachstehenden der Kurzzeit halber Band genannt werden wird, das mit Chemikalien benetzt wird, wobei

das Band bei Anwesenheit schädlicher Gase keine Verfärbung zeigt und sich bei Abwesenheit dieser Gase wohl verfärbt. Das Band wird dabei kontinuierlich transportiert. Band hat als Vorteil, daß es schnell und völlig mit den flüssigen Chemikalien getränkt werden kann, ohne daß dies die Materialstärke nachteilig beeinflusst. Beim Befeuchten eines homogenen Materials, z. B. eines Papierstreifens, würde dieser quellen und die Stärke würde geringer werden, wodurch das Transportieren des Streifens erschwert wird. Außerdem kann bei einem Papierstreifen das Gas die Chemikalien im Inneren des Streifens nicht erreichen, was die Reaktionsgeschwindigkeit nachteilig beeinflusst. Neben den obengenannten Vorteilen entstehen bei der Anwendung von Band, das mit Chemikalien benetzt wird, jedoch auch einige spezifische Probleme beim Messen der Farbe des Bandes, während auch die kontinuierliche Beförderung des Bandes im Prinzip die Anwendung zweier Lichtquellen und zweier Lichtdetektoren notwendig macht, wodurch hohe Anforderungen an die Gleichheit dieser Komponenten gestellt werden.

Die chemische Reaktion, bei der Farbe gebildet wird, dauert abhängig von der Aktivität der Reagenzien und der Umgebungstemperatur einige Dutzende Sekunden bis einige Minuten. Das Unterbleiben der Farbbildung muß jedoch möglichst schnell festgestellt werden. Es hat sich gezeigt, daß Verfärbung des Bandes festgestellt werden kann, wenn die Reaktion etwa 10 Sekunden stattfinden kann. Nicht nur die endgültige Farbe des Bandes, sondern zumal die Farbe nach Verlauf von etwa 10 Sekunden hängt stark von der herrschenden Temperatur und von dem Alter der Chemikalien ab. Die Farbe des Bandes nach 10 Sekunden ist weiter abhängig von der Bandfarbe ohne Chemikalien, der Weise, wie das Band benetzt wird und der Menge

Bandmaterial, die pro Zeiteinheit das Meßsystem passiert. Es ist dadurch nicht möglich, die Verfärbung des Bandes zu kontrollieren, indem man die Bandfarbe mit irgendeiner festen Referenzfarbe vergleicht. Weiter ist das Band nicht homogen. Die Maschenweite ist nicht vernachlässigbar klein in bezug auf die praktisch brauchbaren Abmessungen eines für die Farbmessung angewendeten Meßfeldes, während gleichfalls die Fadendicke nicht homogen ist und der Abstand zwischen den Fäden verhältnismäßig große Variationen zeigt. Dadurch variiert die innerhalb eines Meßfeldes vorhandene Netto-Fadenoberfläche. Für eine gute Wirkung des Gasdetektors ist es daher notwendig, daß die Farbmessung möglichst unabhängig von den obengenannten Faktoren ist.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, auftretende Farbunterschiede schnell und sicher feststellen zu können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Vorrichtung zum Feststellen der Farbunterschiede so auszugestalten, daß die Farbmessung von den obengenannten Faktoren möglichst unabhängig ist.

Zur Lösung der Aufgabe verschafft die Erfindung eine Detektionsvorrichtung der obengenannten Art, bei der die Mittel zum Beleuchten des Materialstreifens eine erste Lichtquelle, die Licht mit einer ersten Farbe aussenden kann, und eine zweite Lichtquelle, die Licht mit einer zweiten Farbe aussenden kann, umfassen, wobei ein optisches System vorgesehen

ist, das im Wesen gleiche Fraktionen des Lichtes der ersten und der zweiten Lichtquelle an einen ersten und einen zweiten Meßbereich, wobei die Meßbereiche in Abstand voneinander auf dem Materialstreifen liegen, abgeben kann, wobei in der Nähe jedes Meßbereiches Mittel zum Messen der von dem Materialstreifen reflektierten Lichtmenge vorhanden sind, wobei Mittel, welche direkt die Lichtmenge der zweiten Lichtquelle messen, vorgesehen sind, und wobei elektronische Schaltorgane zum abwechselnden Erregen der ersten und der zweiten Lichtquelle vorhanden sind sowie elektronische Regelorgane zum Steuern der Intensität der zweiten Lichtquelle anhand der gemessenen Reflexion des Lichtes der ersten Lichtquelle und der zweiten Lichtquelle, derart, daß die gemessenen Reflexionswerte pro Meßbereich im wesentlichen gleich sind.

Es sind Mittel vorgesehen, den Unterschied in der Reflexion von Licht durch das Material an den beiden Meßstellen zu bestimmen durch das Berechnen des Verhältnisses zwischen der Lichtmenge, welche die zweite Lichtquelle bei Beleuchtung des ersten Meßbereiches und bei Beleuchtung des zweiten Meßbereiches ausstrahlt. Ferner sind Mittel vorhanden, die beim Überschreiten eines vorher bestimmten Verhältniswertes ein Alarmsignal erzeugen können.

Das optische System ist dazu eingerichtet, Licht der ersten bzw. der zweiten Lichtquelle in gleichen Teilen an den ersten bzw. den zweiten Meßbereich abzugeben.

Die Lichtquellen sind lichtemittierende Dioden und die Detektionsmittel Siliziumphotodioden. Die Farbe der ersten Lichtquelle ist grün und die der zweiten Lichtquelle rot. Die Mittel, die direkt die Lichtmenge der zweiten Lichtquelle

messen, umfassen gleichfalls eine Photodiode und sind mit einem Filter versehen, das grünes Licht im wesentlichen blockiert.

Vor den lichtemittierenden Dioden ist ein Duffusor angeordnet. Die lichtemittierenden Dioden und der Diffusor sind in einem Gehäuse mit einer Apertur zum Ausstrahlen des Lichtes der lichtemittierenden Dioden angebracht. Es ist ein Objektiv vorgesehen, um das von der Apertur ausgestrahlte Bündel divergierender Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Lichtstrahlen umzubilden, von denen ein Teil über weitere optische Organe zu beiden Meßbereichen geführt wird und ein anderer Teil auf die Mittel zur direkten Messung der Lichtmenge der zweiten Lichtquelle gerichtet ist.

Es sind eine rote lichtemittierende Diode und n grüne lichtemittierende Dioden vorgesehen, die symmetrisch um die rote Diode gruppiert sind. Vorzugsweise ist $n = 6$.

Die Schaltorgane sind dazu eingerichtet, während einer zuvor bestimmten Periode ausschließlich die erste Lichtquelle zu erregen, wobei das Ausgangssignal der Mittel zur direkten Messen der Lichtmenge der zweiten Lichtquelle ein Maß für den Offset-Strom und den Dunkelstrom dieser Mittel ist. Zum Speichern der Werte des Ausgangssignals sind Speicherorgane vorgesehen.

Es hat sich gezeigt, daß es besonders günstig ist, wenn das Licht der ersten Lichtquelle grünes Licht ist und das Licht der zweiten Lichtquelle rotes Licht ist. ~~Für rotes und grünes Licht ist der Unterschied im Reflexionswert bei ungefärbtem bzw. gefärbtem Band bei dem angeweneten Farbstoff maximal,~~

was für die Meßgenauigkeit günstig ist.

Obwohl für die Lichtquellen verschiedene bekannte Typen Lichtquellen angewendet werden können, hat es sich gezeigt, daß die Anwendung von roten und grünen lichtemittierenden Dioden sehr günstig ist, insbesondere im Zusammenhang mit der hohen Geschwindigkeit, mit der diese Lichtquellen ein- und ausgeschaltet werden können. Zum Feststellen von Licht können lichtabhängige Widerstände und Siliziumphotodioden angewendet werden. Letztere werden bevorzugt, weil sie schnell auf Lichtänderungen reagieren, wenig temperaturabhängig sind und einen guten linearen Zusammenhang zwischen der Beleuchtungsstärke und dem Signalstrom zeigen.

Die Erfindung beruht auf der Einsicht, daß es möglich ist, den Einfluß der Grauheit des Bandes zu unterdrücken durch Messen der Reflexion Des Bandes bei zwei geeigneten Lichtfarben und durch anschließende Bestimmung des Verhältnisses beider Reflexionswerte. Auch der Einfluß von Abwandlungen in der Größe der Maschen in dem Band werden in dieser Weise stark unterdrückt. Weiter kann der Einfluß der Basisfarbe des Bandes dadurch eliminiert werden, daß an zwei verschiedenen Stellen auf dem Band die Reflexion gemessen wird, und zwar sobald das Band mit der chemischen Flüssigkeit behandelt ist und noch nicht genug Zeit verlaufen ist, um die chemische Reaktion erfolgen lassen zu können und ± 10 Sekunden später wenn mit genug Sicherheit bestimmt werden kann, ob gegebenenfalls Farbbildung stattgefunden hat. Der Quotient der an den zwei Meßstellen erhaltenen Signale gibt dann ausschließlich Information über die Verfärbung des Bandes während 10 Sekunden. Es ist klar, daß bei dieser Weise der Messung an die Konstanz des Verhältnisses zwischen der Beleuchtungsstärke

bei derselben Lichtfarbe an beiden Meßstellen hohe Forderungen gestellt werden. Um diesen Forderungen zu entsprechen, verschafft die Erfindung ein optisches System, das konstante Fraktionen des Lichtes der ersten und der zweiten Lichtquelle den beiden Meßbereichen zuführt. Dadurch, daß gemäß der Erfindung das Licht der zweiten, roten Lichtquelle derart geregelt wird, daß die gemessenen Reflexionen bei dem ersten und dem zweiten Meßbereich für rotes und grünes Licht gleich sind, wird erreicht, daß Offsetspannungen und Offsetströme und Nichtlinearitäten der Verstärker in dem elektronischen Kreis sowie Nichtlinearitäten der Photozellen auf das endgültige Meßresultat keinen Einfluß haben.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird im Nachstehenden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Hinweis auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: in Seitenansicht eine schematische Wiedergabe des Aufbaus des optischen Systems und Beleuchtungssystems für die Detektionsvorrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2: eine Vorderansicht des Systems gemäß Fig. 1;

Fig. 3: eine schematische Wiedergabe des elektrischen Kreises zum Steuern der Lichtquellen in dem Beleuchtungssystem und der Elemente zum Feststellen des reflektierten Lichtes;

Fig. 4: eine schematische Wiedergabe einer Anzahl Wellenformen, die in der Schaltung gemäß Fig. 3 auftreten können.

Die Fig. 1 und 2 zeigen das Beleuchtungssystem 1, das eine zentral aufgestellte rote LED 2 (light emitting diode) und vorzugsweise 4 bis 6 rotationssymmetrisch um LED 2 aufgestellte grüne LEDs enthält, von denen zwei mit den Bezugsziffern 3 bzw. 3' angegeben sind. Die Gründe für die ungleichen Anzahlen der LEDs sind, daß grüne LEDs im Vergleich mit roten LEDs einen geringeren Lichtstrom geben und daß die zum Feststellen des Lichtes benutzten Silizium-Photozellen gegen grünes Licht weniger empfindlich sind als gegen rotes Licht. Ein Diffusor 4 vermischt die Lichtbeiträge der verschiedenen LEDs, so daß der austretende Lichtstrom in bezug auf die optische Achse des Systems möglichst rotationssymmetrisch ist. Ein optisches System bildet die beleuchtete Apertur 5 des Beleuchtungssystems 1 an zwei Stellen auf dem Band 12 ab, wobei die Meßstellen in Fig. 2 mit 12' bzw. 12'' angegeben sind.

Das optische System umfaßt ein Hauptobjektiv 6, das die aus der Apertur 5 tretenden divergierenden Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Lichtstrahlen umsetzt, und Meßfeld-Objektive 10 und 11, die Teile 17 bzw. 18 des gesamten durch das Objektiv tretenden und durch einen Spiegel 9 reflektierten Lichtbündels auf das Band fokussieren. Der symmetrische Aufbau sowohl des Beleuchtungssystems wie des optischen Systems gewährleistet, daß von dem aus der Apertur tretenden Lichtstrom gleiche Fraktionen die Meßstelle 12' und die Meßstelle 12'' auf dem Band erreichen.

Ein Teil des aus dem Objektiv 6 tretenden Lichtbündels erreicht eine Photozelle 8 über ein Filter 7, das nur rotes Licht durchläßt. Die Photozellen 13 und 15 an der Meßstelle 12' sowie 14 und 16 an der Meßstelle 12'' empfangen das von

dem Band reflektierte Licht. Eine Trennwand 19 verhindert, daß das Licht einer der Meßstellen die Photozellen der benachbarten Meßstelle erreicht.

Das optische System hat für rotes und grünes Licht nahezu dieselben Eigenschaften. Die roten und grünen Lichtflecke auf dem Band fallen, was Abmessung und Stelle betrifft, zusammen und die Lichtintensitätsverteilung innerhalb der Meßstelle ist für beide Farben identisch. Dies ist eine Bedingung zum guten Unterdrücken der Variationen in Lichtreflexion durch das Band infolge des wechselnden Verhältnisses zwischen Fadendicke und Maschenweite innerhalb der Meßstelle, des sog. Bandrausches.

Die Spektren der roten und grünen LEDs überlappen einander teilweise und es ist daher nicht möglich, ein optisches Filter 7 zu konstruieren, das die gesamte Emission der grünen LEDs blockiert und die gesamte Emission der roten LED durchläßt. Wie im Nachstehenden näher beschrieben werden wird, können in dem elektronischen Kreis Maßnahmen getroffen werden, um den Einfluß des grünen Lecklichtes möglichst zu eliminieren.

Fig. 3 zeigt ein Blockschaltbild des elektronischen Kreises, der dazu dient, Signale zu erzeugen, die den beiden Meßstellen eine möglichst genaue Information über die Farbe des Lichtes geben. In Fig. 3 sind die LEDs und die Photozellen, die auch in den Fig. 1 und 2 vorkommen, mit gleichen Bezugsziffern angegeben. Die LEDs 3" und 3"' sind dargestellt, um anzugeben, daß das Beleuchtungssystem 1 vier oder mehr grüne LEDs enthalten kann und daß diese im Prinzip von demselben

Strom durchströmt werden.

Die in Fig. 3 gezeigten Schalter 20 bis 25 sind nur schematisch wiedergegeben und sind in Wirklichkeit vorzugsweise als schnelle MOSFET-Schalter ausgebildet.

Die Siliziumphotozellen 13 und 15 sind parallel miteinander verbunden und an den invertierenden Eingang eines Verstärkers 26 angeschlossen. Der Ausgang des Verstärkers 26 ist über einen Widerstand 27 nach dem invertierenden Eingang zurückgekoppelt, um in dieser Weise eine niedrige Eingangs-impedanz des Verstärkers 26 zu verwirklichen. Dies ist erwünscht, weil Siliziumzellen bei einer niedrigohmigen Belastung gut linear und verhältnismäßig temperaturunempfindlich sind.

In gleicher Weise sind die Photozellen 14 und 16 mit einem invertierenden Eingang eines zweiten Verstärkers 28 verbunden, dessen Ausgang gleichfalls über einen Widerstand 29 nach dem invertierenden Eingang zurückgekoppelt ist. Schließlich ist die Photozelle 8 mit dem invertierenden Eingang eines Verstärkers 30 verbunden, dessen Ausgang über einen Widerstand 31 nach dem invertierenden Eingang zurückgekoppelt ist. Die nicht-invertierenden Eingänge der Verstärker 26; 28 und 30 sind geerdet.

Die Ausgangssignale der Verstärker 26 und 28 können über Schalter 20 bzw. 21 mit dem Eingang eines Bandpaßfilters 32 verbunden werden. Dieses Bandpaßfilter 32 dient dazu, aus dem Ausgangssignal der Verstärker 26 bzw. 28 niederfrequente Wechselspannungskomponenten zu filtern, Komponenten, die durch den Einfluß von Tageslicht auf die Photozellen und bei Wartung

auch durch den Einfluß von künstlichem Licht entstehen. Auch der Ausgang des Verstärkers 30 ist mit einem Bandpaßfilter 50 verbunden, das zu demselben Zweck dient wie das Filter 32.

Der Ausgang des Bandpaßfilters 32 ist mit dem Eingang eines synchronen Gleichrichtkreises verbunden, bestehend aus einem Inverter 33, einem Schalter 22 und einem Integratorkreis, der einen Widerstand 34, einen Verstärker 35 und einen Rückkoppelkondensator 36 umfaßt, wobei der Widerstand 34 mit dem invertierenden Eingang des Verstärkers 35 und dem Kondensator 36 verbunden ist zwischen dem Ausgang des Verstärkers 35 und dem invertierenden Eingang desselben. Der nicht invertierende Eingang des Verstärkers 35 ist geerdet. Der Inverter 33 sorgt für eine zusätzliche Unterdrückung niederfrequenter Signale.

Der Ausgang des Verstärkers 35 ist mit dem Eingang eines Spannungs-Stromumwandlers 37 verbunden, dessen Ausgang die rote LED 2 steuert. Der Ausgang des Kreises 37 kann zum Unterbrechen des Stroms nach LED 2 über einen Schalter 23 geerdet werden.

Der Ausgang des Bandpaßfilters 50 ist mit dem Eingang eines synchronen Gleichrichters verbunden, der aus einem Schalter 25, einem Widerstand 39 und einem Kondensator 40 besteht. Eine Anschlußklemme des Kondensators 40 ist an Erde gelegt, während die andere Anschlußklemme mit einer Anschlußklemme des Widerstandes 39 und mit dem Eingang eines Zählkreises 41 verbunden ist. Mit einem zweiten Eingang des Zählkreises 41 ist eine Gleichspannungsquelle 42 verbunden. Der Ausgang des Zählkreises 41 ist mit dem ersten Eingang eines analogen

Multiplexkreises 38 verbunden; der zweite Eingang des Kreises 38 ist mit dem Ausgang des Verstärkers 35 verbunden. Der Ausgang des Kreises 38 ist mit einem Analog-Digitalumwandler 43 verbunden, der das zugeführte Signal in einen Datenfluß umsetzt und diesen über einen Datenübertragungsweg 44 einem nicht gezeigten Mikroprozessor zuführt. Der Mikroprozessor verschafft einem Steuerkreis 46 über einen Datenübertragungsweg 45 Regelsignale. Der Steuerkreis steuert die Schalter 22 bis 25, die analoge Multiplizierschaltung 38, den analogen Digitalumwandler 43 und einen Digital-Analogumwandler 48. Der Digital-Analogumwandler 48 empfängt über einen Datenübertragungsweg 47 Daten von dem Mikroprozessor. Der Ausgang des Digital-Analogumwandlers 48 ist mit einem Spannungsstromumwandler 49 verbunden, dessen Ausgang mit den in Serie verbundenen LEDs 3; 3'; 3" und 3"' und eventuellen weiteren grünen LEDs verbunden ist. Der Ausgang des Kreises 49 kann über einen Schalter 24 geerdet werden, um so die Steuerung der LEDs zu unterbrechen.

Im Nachstehenden wird die Wirkung der Detektionsvorrichtung gemäß der Erfindung näher beschrieben.

Wie die Fig. 1 und 2 zeigen, sind auf dem Band zwei Meßstellen 12' und 12" vorhanden. Die Meßstelle 12' liegt in der Nähe der Stelle, wo das Band mit den die Verfärbung verursachenden Chemikalien benetzt wird, und die Meßstelle 12" liegt etwa 8 mm weiter in Transportrichtung des Bandes, was bei der gewählten Bandgeschwindigkeit einer Zeitdauer von etwa 10 Sekunden entspricht, während welcher Zeit die Chemikalien das Band bei reiner Luft verfärben können oder bei Anwesenheit der festzustellenden Gase nicht verfärben. An jeder Meßstelle wird das Band abwechselnd mit grünem Licht einer

Wellenlänge von etwa 550 Nanometer und rotem Licht mit einer Wellenlänge von etwa 650 Nanometer beleuchtet. Die Zeitdauer, in der die Farbe der Beleuchtung wechselt, beträgt etwa 1 kHz, so daß die Bandverschiebung in einer Periode mit rotem und grünem Licht vernachlässigbar ist. Beide Meßstellen werden durch ein einziges Beleuchtungssystem beleuchtet, das in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 1 angegeben ist und das abwechselnd rotes und grünes Licht liefern kann. Jede Meßstelle ist mit zwei Siliziumphotozellen 13 bzw. 15 für die Meßstelle 12' sowie 14 und 16 für die Meßstelle 12" versehen, die einen Teil des von dem Band reflektierten und zerstreuten Lichtes auffangen und die, wie in Fig. 3 gezeigt wird, derart angeschlossen sind, daß sie als Stromquelle benutzt werden, was eine schnelle und lineare Ansprechung sichert.

Die Intensität des grünen Lichtes ist im Prinzip konstant, während die Intensität des roten Lichtes derart eingestellt wird, daß das Ausgangssignal der parallel verbundenen Photozellen bei den betreffenden Meßstellen bei rotem Licht und grünem Licht möglichst gleich ist. Durch diese Regelung der Photozellensignale haben die absolute Empfindlichkeit und der Dunkelstrom der Photozelle, die Offsetströme und ein eventuelles, nicht lineares und inkonstantes Strom-Helligkeits-Verhältnis der roten Lampe keinen Einfluß auf das Meßresultat. Das Regelsystem steuert die Schalter 20 und 21 derart, daß abwechselnd für die beiden Meßstellen während etwa 100 msec die Intensität der roten LED geregelt wird, so daß in aufeinanderfolgenden Zeitpunkten abwechselnd eine Intensität für das rote Licht eingestellt wird, die ein Maß für die Bandfarbe an der Meßstelle 12' bzw. an der Meßstelle 12" ist.

Der Quotient dieser zwei Intensitätswerte, der Farbquotient Q , ist ein Maß für die Farbänderung, die das Band beim Trans-

port von Meßstelle 12' nach Meßstelle 12" erfahren hat.

Für die im Nachstehenden zu gebenden Berechnungen gilt:

Fg = der aus der Apertur 5 tretende grüne Lichtstrom

Fr = der aus der Apertur 5 tretende rote Lichtstrom

cg = die Fraktion des grünen Lichtstromes, die an einer einzigen Meßstelle das Band erreicht

cr = die Fraktion des roten Lichtstromes, die an einer einzigen Meßstelle das Band erreicht

kg = der effektive Reflexionskoeffizient des Bandes bei grünem Licht

kr = der effektive Reflexionskoeffizient des Bandes bei rotem Licht

Gg = die Empfindlichkeit der Photozellen bei dem Band für grünes Licht (mA/Lm)

Gr = die Empfindlichkeit der Photozellen bei dem Band für rotes Licht (mA/Lm).

Wenn das Regelsystem die Intensität der roten Lichtquelle in der obenbeschriebenen Weise eingestellt hat, gilt für eine einzige Meßstelle:

$$Fg \cdot cg \cdot kg \cdot Gg = Fr \cdot cr \cdot kr \cdot Gr,$$

so daß

$$Fr = Fg \cdot \frac{cg}{cr} \cdot \frac{kg}{kr} \cdot \frac{Gg}{Gr} \quad (1)$$

Weil cg/cr und Gg/Gr im Wesen konstant sind, wird Fr auf einen Wert eingestellt, der mit Fg direkt proportional ist, und weiter von der Bandfarbe abhängig ist.

Angenommen wird, daß das Regelsystem den roten Lichtstrom einstellt auf den Wert Fr1 mit den Photozellenströmen an der Meßstelle 12' als Kriterium, und sodann auf den Wert Fr2

mit den Photozellenströmen an der Meßstelle 12" als Kriterium.

Nun gilt für das Verhältnis $Fr_1:Fr_2$, der Farbquotient Q des Bandes an den beiden Meßstellen:

$$Q = \frac{Fr_1}{Fr_2} = \frac{Fg_1}{Fg_2} \cdot \frac{cg_1}{cg_2} \cdot \frac{cr_2}{cr_1} \cdot \frac{kg_1}{kg_2} \cdot \frac{kr_2}{kr_1} \cdot \frac{Gg_1}{Gg_2} \cdot \frac{Gr_2}{Gr_1} \quad (2)$$

Die Gleichung (2) kann vereinfacht werden, weil folgendes gilt:

1. $Fg_1 = Fg_2$, es gibt für beide Meßstellen eine gemeinsame konstante grüne Lichtquelle.
2. Die verschiedenen c-Werte sind im Prinzip gleich und konstant.
3. Die Quotienten $\frac{Gg_1}{Gr_1}$ und $\frac{Gg_2}{Gr_2}$ sind etwa gleich groß (derselbe Typ Photozelle) und konstant.

Dadurch läßt sich die Gleichung (2) wie folgt vereinfachen:

$$Q = \frac{Fr_1}{Fr_2} = K \cdot \frac{kg_1}{kr_1} \cdot \frac{kr_2}{kg_2} \quad (3)$$

In der Gleichung (3) ist $K \approx 1$ und von konstanter Größe.

Dadurch daß, der Farbquotient Q in obiger Weise bestimmt wird, erreicht man, daß der Farbquotient nicht von Variationen in Fadendicke und Maschenweite des Bandes beeinflußt wird, weil diese je Meßstelle im Prinzip einen gleichen Einfluß auf kg und kr haben und Variationen in der Basisfarbe des Bandes oder in der Basisfarbe der Chemikalien im Prinzip an beiden Meßstellen einen gleichen Einfluß auf kg_1 , kg_2 und kr_1 und kr_2 haben.

Die Anwendung der Farben rot und grün zum Beleuchten des Bandes wurde gewählt, weil der Farbstoff, der bei reiner Luft auf dem Band gebildet wird, eine verhältnismäßig große Verminderung der Reflexion des Bandes bei grünem Licht gibt und eine verhältnismäßig geringe Verminderung der Reflexion bei rotem Licht gibt. Der Farbquotient Q beträgt bei gefärbtem Band etwa 1,1 und bei ungefärbtem Band etwa 1. Dadurch ist ein verhältnismäßig großes Ausgangssignal vorhanden, das die Gefahr der Meßfehler verringert.

Die Lichtströme F_{r1} und F_{r2} werden durch die Photozelle 8 gemessen. Diese Photozelle empfängt aus dem Objektiv 6 einen konstanten Teil des aus der Apertur 5 tretenden Lichtstromes. Weil nur das rote Licht mit Hilfe der Photozelle 8 gemessen werden muß und das aus derselben Quelle herrührende grüne Licht nicht, ist für die dritte Photozelle ein rot-durchlässiges, grün-blockierendes Filter 7 vorgesehen.

Die Photozelle 8 liefert abwechselnd die Signale:

$$S_1 = cr_3 \cdot Gr_3 \cdot F_{r1} + d \text{ und } S_2 = cr_3 \cdot Fr_2 + d.$$

worin

cr_3 = ein Teil des roten Lichtstromes, der die Photozelle 8 erreicht;

Gr_3 = die Empfindlichkeit der Photozelle 8 für rotes Licht;
und

d = der Dunkel- und Offsetstrom bedeuten.

Weil für eine genaue Bestimmung von Q der Signalquotient S_1/S_2 dem Lichtquotienten F_{r1}/F_{r2} möglichst gleich sein muß, sind S_1 und S_2 für den Wert von d zu korrigieren. Dazu ist in den Meßzyklus, in dem F_{r1} und F_{r2} abwechselnd so geregelt werden, daß sie F_{g1} bzw. F_{g2} gleich sind, auch eine Meßphase

für den Dunkelstrom aufgenommen, wobei die rote Lichtquelle ausgeschaltet ist und also $Fr = 0$. Die Photozelle 8 liefert dann zusammen mit dem zwischen diese Photozelle und den Analog-Digitalkonverter 43 aufgenommenen Verstärkungskreis eine Signalkomponente d . Die Signale der Photozelle 8 werden über den Analog-Digitalumwandler 43 und den Mikroprozessor digital verarbeitet. Die Signale S_1 , S_2 und d werden hintereinander in digitale Form gebracht und in dem Speicher des Mikroprozessors gespeichert. Aus diesen Daten kann der reine Farbquotient Q errechnet werden mit:

$$Q = \frac{S_1 - d}{S_2 - d}.$$

Aus Obigem wird es klar sein, daß das beschriebene System in hohem Maße unempfindlich ist gegen die absoluten Werte und die langsamen Variationen des Verhältnisses zwischen dem Lichtstrom und dem Speisestrom der roten LED und der grünen LEDs, die Empfindlichkeit und den Dunkelstrom der Photozellen; die Offset-Spannungen und Offset-Ströme aller Verstärker in der Schaltung; die Basisfarbe des Bandes und der chemischen Benetzungsmittel; und die schnellen Variationen in Fadendicke und Maschenweite des Bandteiles, der in dem Meßfeld liegt, dem sog. Bandrauschen.

Die Wirkung des in Fig. 3 gezeigten elektrischen Kreises wird im Nachstehenden anhand der Fig. 4, die eine Anzahl in diesem Kreis auftretender Wellenformen zeigt, näher erläutert.

Der Steuerzyklus besteht aus den folgenden Meßperioden von je etwa 100 Millisekunden, die in Fig. 4 mit A, B, C bzw. D angegeben sind.

Periode A:

Das rote Licht wird geregelt mit dem Signal der Photozellen 13 und 15 an der Meßstelle 12' als Kriterium. Der Schalter 20 ist geschlossen und der Schalter 21 geöffnet, während die Schalter 23 und 24 in einem 1 kHz-Rhythmus derart umschalten, daß, wenn der Schalter 23 geöffnet ist, der Schalter 24 geschlossen ist und umgekehrt. Hierdurch brennen die roten und grünen LEDs abwechselnd.

Fig. 4a zeigt die Emission der grünen LEDs und Fig. 4b die Emission der roten LED.

Periode B:

Das rote Licht wird geregelt mit dem Signal der Photozellen 14 und 16 an der Meßstelle 12" als Kriterium. Der Schalter 20 ist geöffnet und der Schalter 21 geschlossen, während die Schalter 23 und 24 noch immer in einem 1 kHz Rhythmus schalten.

Periode C:

Messung des Dunkel- und Offset-Stromes; die Schalter 20 und 21 sind beide geöffnet und der Schalter 23 ist geschlossen, so daß kein rotes Licht durch LED 2 abgegeben wird, der Schalter 24 schaltet jedoch in einem 1 kHz-Rhythmus, so daß die grünen LEDs normal-brennen.

Periode D:

Das rote Licht wird geregelt mit dem Signal der Photozellen 14 und 16 an der Meßstelle 12" als Kriterium. Der Schalter 20 ist geöffnet, der Schalter 21 ist geschlossen und die Schalter 23 und 24 schalten in einem 1 kHz-Rhythmus um.

Nach der Periode D wird der Steuerzyklus wiederholt.

Am Ende jeder Periode wird das Signal, das von der Photozelle 8 herrührt, in einen digitalen Wert umgesetzt und dem Mikroprozessor zugeführt. Während jedes Steuerzyklus werden zwei Meßwerte der Meßstelle 12" und ein Meßwert der Meßstelle 12' erhalten. Der Grund davon ist, daß an der Meßstelle 12' im Prinzip nur langsam Änderungen zu erwarten sind, während die eventuelle Änderung der Farbe an der Meßstelle 12" zu erwarten ist und mit möglichst geringem Zeitverlust festgestellt werden muß. Auch die Dunkel- und Offset-Ströme variieren langsam, so daß auch dafür eine Meßperiode pro Steuerzyklus genügend ist.

Am Anfang einer Regelperiode wird das Verhältnis zwischen dem roten und dem grünen Licht, das von den Photozellen bei dem Band wahrgenommen wird, von 1 abweichen, so daß das Bandpaßfilter 32 ein Signal am Eingang empfängt, wie in Fig. 4c gezeigt wird, und am Ausgang ein Signal verschafft, wie in Fig. 4d wiedergegeben ist. Durch synchrones Gleichrichten über den Schalter 22, der gleichfalls in einem 1 kHz-Rhythmus schaltet, wird ein Gleichstrom erhalten, dessen Polarität und Größe abhängt von dem absoluten Unterschied zwischen den Amplituden der Signale, die von den Photozellen erzeugt werden in Ansprecherung auf das Licht, empfangen von der roten LED bzw. den grünen LEDs. Der gleichgerichtete Strom wird durch den Integrator integriert. Die Ausgangsspannung des Integrators, d. h. die Ausgangsspannung des Verstärkers 35 ist in Fig. 4e wiedergegeben. Solange die Photozellen beim Band mehr grünes Licht als rotes Licht sehen, steigt die Ausgangsspannung des Integrators, während diese sinkt, solange die Photozellen beim Band mehr rotes Licht als grünes Licht sehen. Wenn die

Photozellen 13; 15 bzw. 14; 16 ebensoviel Signalstrom bei grünem wie bei rotem Licht abgeben, wird dem Bandpaßfilter 32 keine 1 kHz Wechselspannung mehr zugeführt, so daß auch der Eingangsstrom des Integrators gleich Null ist und das Ausgangssignal des Integrators konstant bleibt.

Durch eine geeignete Wahl der gesamten Schleifenverstärkung und der Zeitkonstanten, die durch den Wert des Widerstandes 34 und des Kondensators 36 bestimmt wird, wird der Gleichgewichtszustand innerhalb der Periodendauer von 100 Millisekunden erreicht, wie zumal aus den Fig. 4d und 4e deutlich hervorgeht.

Die Photozelle 8 empfängt direkt Licht von der roten LED 2 und einen Teil des grünen Lichts der LEDs 3, 3' usw. insofern dies durch das Filter 7 durchgelassen wird. Das Signal der Photodiode 8 ist in Fig. 4f gezeigt. Das Bandpaßfilter 50 gibt eine Ausgangswechselspannung ab, die in Fig. 4g wiedergegeben ist und deren Gipfel-Gipfelwert mit dem Unterschied zwischen dem Ausgangsstrom der Photozelle 8 bei rotem Licht und dem bei grünen Lecklicht direkt proportional ist. Während der Dunkelstromkompensationsperiode C ist die rote LED gelöscht. Das Bandpaßfilter 50 gibt dann eine Ausgangsspannung ab, deren Gipfel-Gipfelwert mit dem Strom der Photozelle 8 bei grünem Lecklicht direkt proportional ist. Das Ausgangssignal des Bandpaßfilters 50 ist bei Anwesenheit von ausschließlich grünem Lecklicht in Bezug auf das Signal beim Empfang von sowohl rotem Licht wie grünem Lecklicht 180° in Phase gedreht. Diese Phasensprünge sind in den Fig. 4f und 4g bei sowohl dem Übergang von Periode B nach Periode C wie von Periode C nach Periode D ersichtlich.

In dem Zählkreis 41 wird das Signal des synchronen Gleichrichtkreises, der aus einem Schalter 25, einem Widerstand 39 und einem Kondensator 40 besteht, in Gleichspannung verschoben, um die Ausgangsspannung des Zählkreises in den Eingangsspannungsbereich des Analog-Digitalumwandlers 43 zu bringen. Dazu ist der zweite Eingang des Zählkreises 41 mit der Gleichspannungsquelle 42 gekuppelt. Das an dem ersten Eingang des Kreises 41 vorhandene Signal ist in Fig. 4h gezeigt.

Die Signalübertragung von der Photozelle 8 bis an den Ausgang des Zählkreises 41 kann wie folgt bestimmt werden:

Bei rotem Licht liefert die Photozelle 8 den Strom i_r und bei grünem Licht den Strom i_g . Das Bandpaßfilter 50 blockiert die mittlere Komponente $(i_r + i_g):2$ und verstärkt die Wechselspannungskomponente $i_r - i_g$ auf die Signalspannung U_1 mit einem Gipfel-Gipfelwert $U_1 = G (i_r - i_g)$. Der synchrone Gleichrichter liefert dem Zählkreis eine positive Gleichspannung $U_2 = \frac{1}{2} G (i_r - i_g)$. Dabei wird angenommen, daß der Schalter 25 während der positiven halben Periode des Wechselspannungssignals U_1 geschlossen ist. Der Zählkreis 41 addiert die feste Gleichspannung U_0 und U_2 und gibt als Ausgangsspannung: $U_s = \frac{1}{2} G (i_r - i_g) + U_0$. Dieses Signal wird dem analogen Multiplexkreis 38 zugeführt, in digitale Werte umgesetzt und in dem Mikroprozessor gespeichert.

Während der Meßperiode C ist $i_r = 0$, so daß der Zählkreis 41 dann eine Ausgangsspannung liefert: $U_d = \frac{1}{2} G (-i_g) + U_0$. Dieses Signal wird gleichfalls in digitale Werte umgesetzt und in dem Mikroprozessor gespeichert.

Durch Abziehen von U_s und U_d erhält man

$$U_s - U_d = \frac{1}{2}G (i_r - i_g) + U_0 - \frac{1}{2}G (-i_g) - U_0 = \frac{1}{2}G i_r.$$

In jeder der drei Regelperioden eines Steuerzyklus wird ein i_r -Wert eingestellt; der i_g -Wert ist im Prinzip konstant, weil der Strom durch die grünen LEDs auf einen festen Wert eingestellt ist.

Die Regelung an der Meßstelle 12' liefert das Signal:

$U_{s1} - U_d = \frac{1}{2}G i_{r1}$; die Regelung an der Meßstelle 12", was zweimal pro Meßzyklus erfolgt, liefert das Signal:

$$U_{s2} - U_d = \frac{1}{2}G \cdot i_{r2}.$$

Der Farbquotient Q kann jetzt errechnet werden aus:

$$Q = \frac{U_{s1} - U_d}{U_{s2} - U_d} = \frac{i_{r1}}{i_{r2}}.$$

Ein Bestandteil, der sich in einem bestimmten Augenblick an der Meßstelle 12' befindet, passiert nach etwa 10 Sekunden die Meßstelle 12". Dadurch, daß bei der Bestimmung des Farbquotienten $Q = \frac{i_{r1}}{i_{r2}}$ der rezenteste i_{r2} -Wert und der i_{r1} -Wert von 10 Sekunden vor diesem genommen werden, wird ein Q -Wert erhalten, der sich auf denselben Bandteil bezieht und also möglichst gut angibt, welche Farbänderung ein bestimmter Bandteil während der Verschiebung von der Meßstelle 12' nach der Meßstelle 12" erfahren hat.

Trotz der Maßnahmen in dem optischen System, die dazu dienen, das Verhältnis zwischen rotem und grünem Licht für alle Teile des Bandes innerhalb der Meßstelle gleich zu machen, wird doch Bandrauschen auftreten, weil nicht alle Teile der benetz-

ten Fäden des Bandes und der mit mehr oder weniger Flüssigkeit gefüllten Maschen in dem Band rotes Licht und grünes Licht mit derselben Intensität und Richtung reflektieren werden. Aufeinander folgende Werte von i_r werden also kleine Unterschiede zeigen. Zum Verhindern dieses Rauscheinflusses kann bei der Quotientenbestimmung ein i_{rl} -Wert benutzt werden, welcher der mittlere Wert von fünf Messungen ist, wobei die mittelste Messung dann die ist, welche nominal vor 10 Sekunden verrichtet wurde.

Das Mikroprozessorsystem gibt ein Alarmsignal ab, wenn der Farbquotient Q einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Dieser Schwellenwert kann temperaturabhängig sein, weil bei verhältnismäßig hohen Temperaturen nach 10 Sekunden mehr Farbstoff auf dem Band gebildet ist als bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen.

Das Ausgangssignal des Integratorkreises um den Verstärker 35 ist mit dem Analog-Multiplexkreis 38 und dem Analog-Digitalumwandler 43 zur Fehlerüberwachung verbunden. Wenn durch eine zerstörte Komponente oder durch Einflüsse von außen her, z. B. Verschmutzung einer Photozelle, der Regelkreis nicht gut wirkt, kommt die Ausgangsspannung des Integrators in den meisten Fällen außerhalb des normalen dynamischen Arbeitsgebietes zu liegen, was dazu benutzt werden kann, den Mikroprozessor ein Fehlersignal erzeugen zu lassen. Obwohl die Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden gemäß der Erfindung als Beispiel für die Anwendung bei einem Gasdetektor beschrieben ist, sind andere Anwendungen selbstverständlich nicht ausgeschlossen.

Erfindungsanspruch

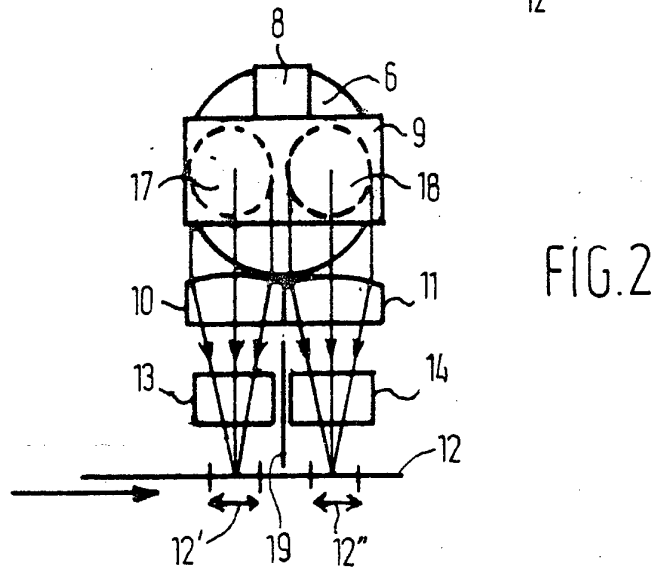
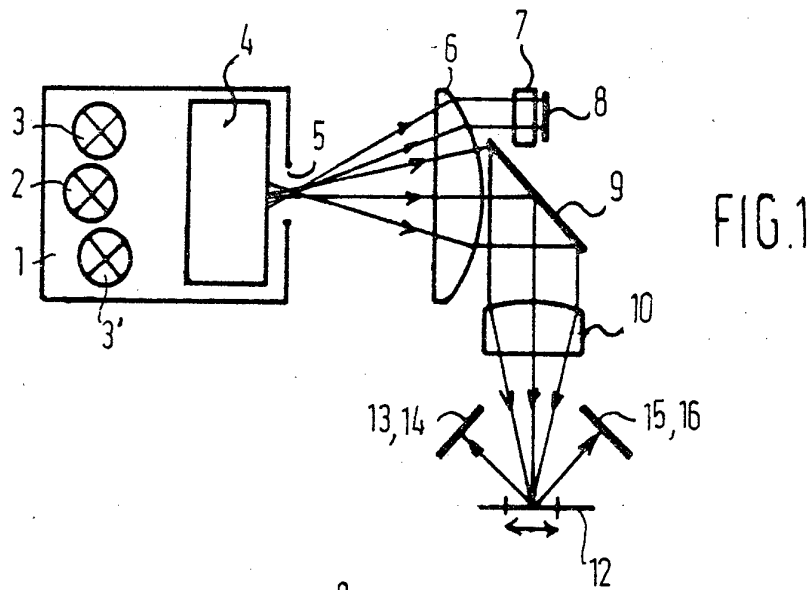
1. Vorrichtung zum Feststellen von Farbunterschieden eines zu untersuchenden Materials, versehen mit Mitteln zum Beleuchten des Materials, Mitteln zum Messen der von dem Material reflektierten Lichtmenge und Mitteln zum Befördern des Materials, gekennzeichnet dadurch, daß die Mittel zum Beleuchten des Materials eine erste Lichtquelle, die Licht mit einer ersten Farbe aussenden kann, und eine zweite Lichtquelle, die Licht mit einer zweiten Farbe aussenden kann, umfassen, daß ein optisches System vorgesehen ist, das einen Teil des Lichtes sowohl der ersten wie der zweiten Lichtquelle an einen ersten bzw. einen zweiten Meßbereich, wobei die Meßbereiche in Abstand voneinander liegen, abgeben kann, wobei in der Nähe jedes Meßbereiches Mittel zum Messen der von dem Material reflektierten Lichtmenge vorhanden sind, daß Mittel, welche direkt die Lichtmenge der zweiten Lichtquelle messen, vorgesehen sind, und daß elektronische Schaltorgane zum abwechselnden Erregen der ersten und der zweiten Lichtquelle vorhanden sind sowie elektronische Regelorgane zum Steuern der Intensität der zweiten Lichtquelle an Hand der gemessenen Reflexion des Lichtes der ersten Lichtquelle und der zweiten Lichtquelle, derart, daß die gemessenen Reflexionswerte pro Meßbereich im wesentlichen gleich sind.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß Mittel vorgesehen sind, den Unterschied in der Reflexion von Licht durch das Material an den beiden Meßstellen zu bestimmen durch das Berechnen des Verhältnisses zwischen der Lichtmenge, welche die zweite Lichtquelle bei Beleuch-

tung des ersten Meßbereiches und bei Beleuchtung des zweiten Meßbereiches ausstrahlt, und daß Mittel vorhanden sind, die beim Überschreiten eines vorher bestimmten Verhältniswertes ein Alarmsignal erzeugen können. .

3. Vorrichtung nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß das optische System dazu eingerichtet ist, Licht der ersten bzw. der zweiten Lichtquelle in gleichen Teilen an den ersten bzw. den zweiten Meßbereich abzugeben.
4. Vorrichtung nach einem der Punkte 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Lichtquellen lichtemittierende Dioden und die Detektionsmittel Siliziumphotodioden sind, daß die Farbe der ersten Lichtquelle grün und die der zweiten Lichtquelle rot ist und daß die Mittel, die direkt die Lichtmenge der zweiten Lichtquelle messen, gleichfalls eine Photodiode umfassen und versehen sind mit einem Filter, das grünes Licht im wesentlichen blockiert.
5. Vorrichtung nach Punkt 4, gekennzeichnet dadurch, daß vor den lichtemittierenden Dioden ein Diffusor angeordnet ist und daß die lichtemittierenden Dioden und der Diffusor in einem Gehäuse mit einer Apertur zum Ausstrahlen des Lichtes der lichtemittierenden Dioden angebracht sind und daß ein Objektiv vorgesehen ist, das von der Apertur ausgestrahlte Bündel divergierender Lichtstrahlen in ein Bündel paralleler Lichtstrahlen umzubilden, von denen ein Teil über weitere optische Organe zu beiden Meßbereichen geführt wird und ein anderer Teil auf die Mittel zur direkten Messung der Lichtmenge der zweiten Lichtquelle gerichtet ist.

6. Vorrichtung nach Punkt 4 oder 5, gekennzeichnet dadurch, daß eine rote lichtemittierende Diode und n grüne lichtemittierende Dioden vorgesehen sind, die symmetrisch um die rote lichtemittierende Diode gruppiert sind.
7. Vorrichtung nach Punkt 6, gekennzeichnet dadurch, daß $n = 6$ ist.
8. Vorrichtung nach Punkt 1 oder 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Schaltorgane dazu eingerichtet sind, während einer zuvor bestimmten Periode ausschließlich die erste Lichtquelle zu erregen, wobei das Ausgangssignal der Mittel zum direkten Messen der Lichtmenge der zweiten Lichtquelle ein Maß für den Offset-Strom und den Dunkelstrom dieser Mittel ist und daß Speicherorgane zum Speichern des Wertes dieses Ausgangssignals vorgesehen sind.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen.



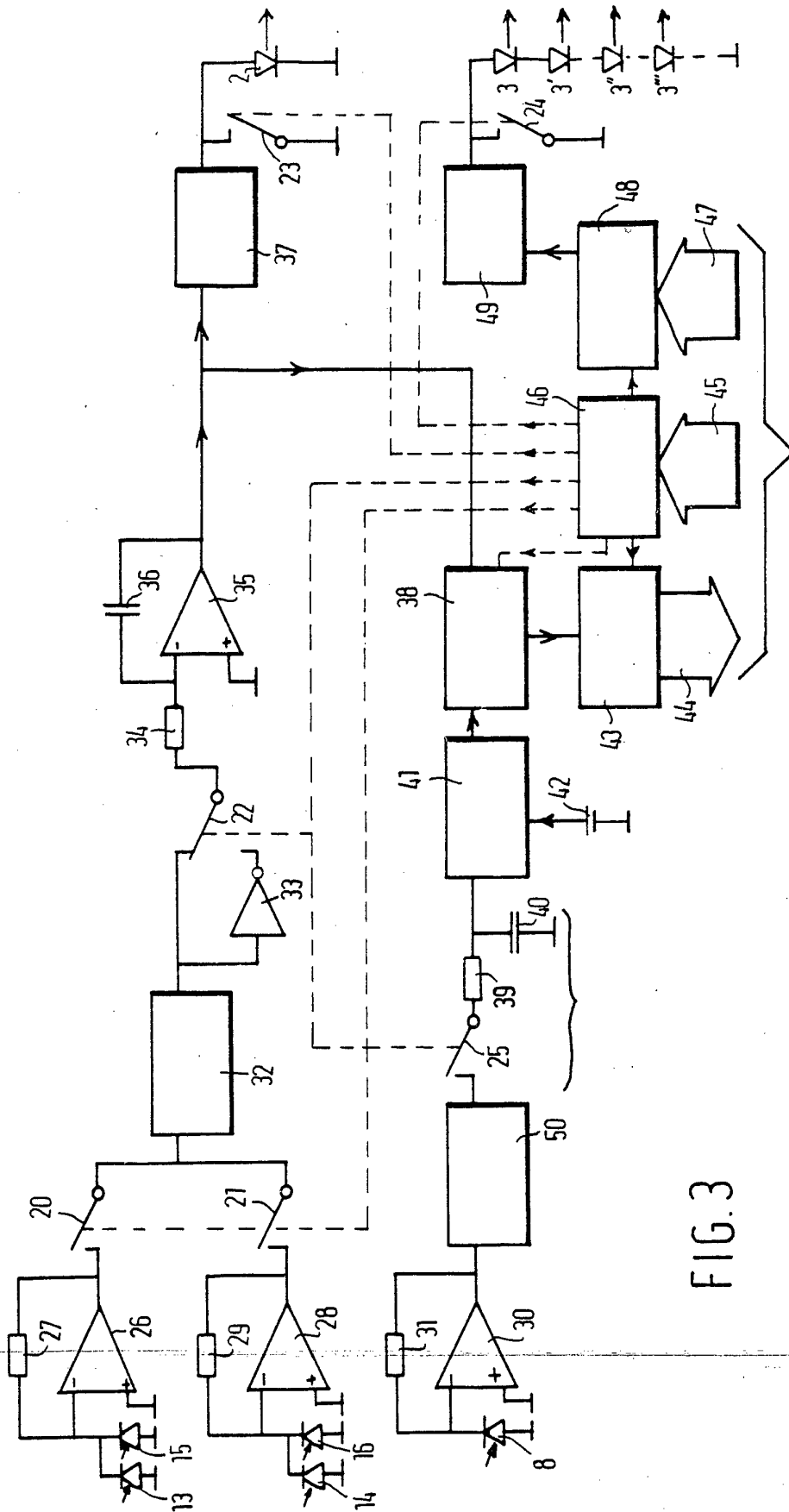


FIG. 3

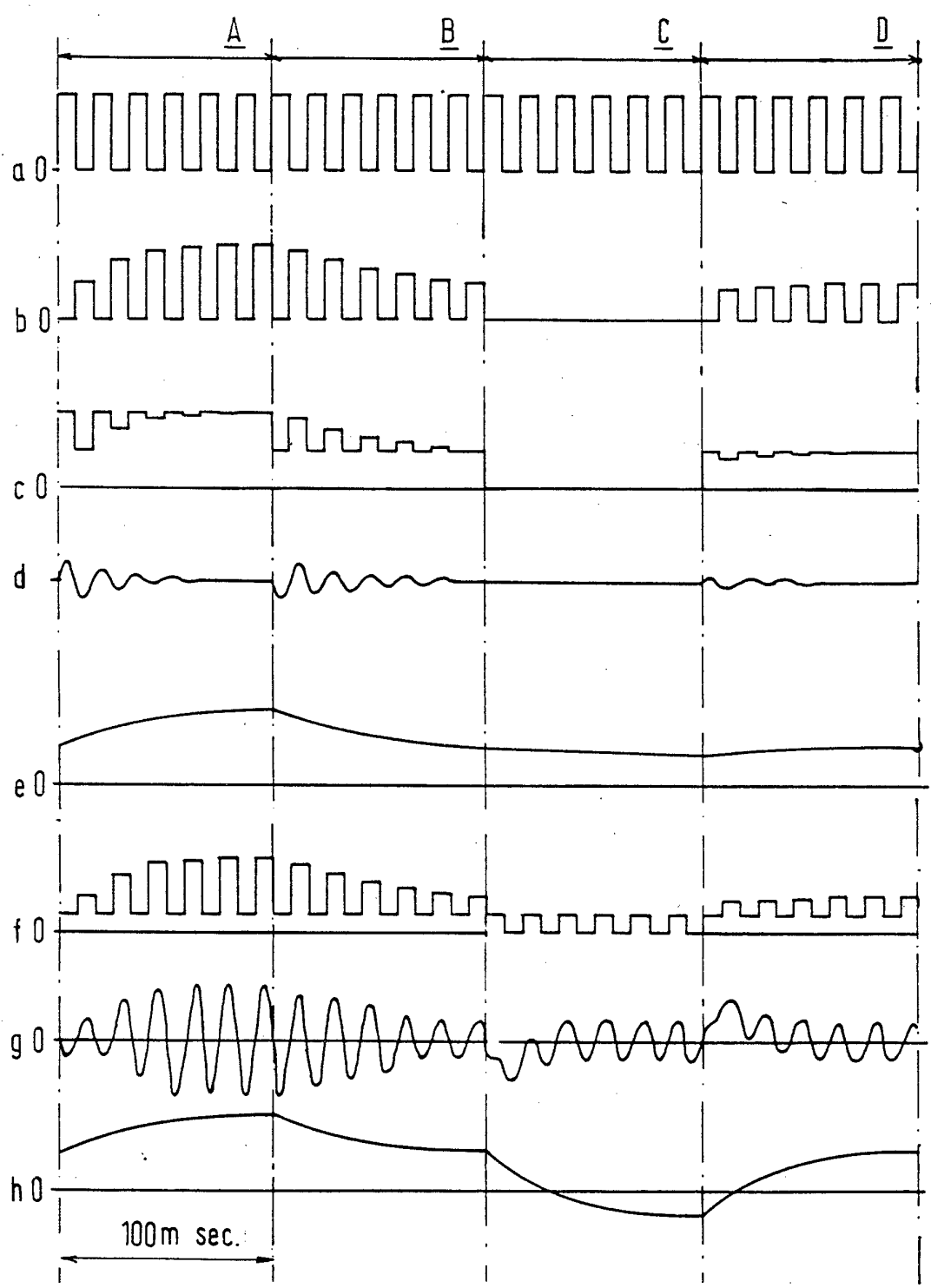


FIG.4