



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 043 627 A1** 2007.03.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 043 627.7**

(22) Anmeldetag: **13.09.2005**

(43) Offenlegungstag: **29.03.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 11/14** (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G01J 3/46 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(72) Erfinder:

**Brückner, Andreas, 07743 Jena, DE; Buss,
Wolfgang, 07747 Jena, DE; Egloff, Thomas, 98547
Schwarza, DE; Schreiber, Peter, 07749 Jena, DE**

(74) Vertreter:

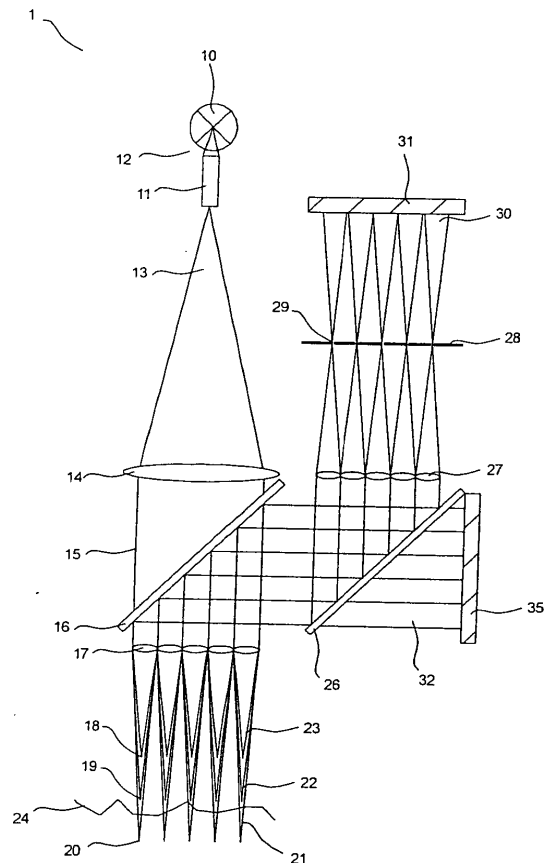
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80538 München**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Optischer Sensor und Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung**

(57) Zusammenfassung: Optischer Sensor und Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip mit einer wellenlängenselektiven Auswertung des von einer Meßoberfläche remittierten Lichtes mit einer Beleuchtungseinheit, wobei ein abstandsabhängiges Wellenlängenspektrum und eine spektrale Reflexion getrennt voneinander erfaßt, Meßwerte des abstandsabhängigen Wellenlängenspektrums mit korrespondierenden Meßwerten der spektralen Reflexion korrigiert und die korrigierten Werte in Abstandswerte umgerechnet werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen optischen Sensor zur Abstands- und/oder Farbmessung und ein Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung einen mehrkanaligen, hochdynamischen, optischen Sensor nach dem konfokalen Abbildungsprinzip zum Messen von Abständen, Längen, Tiefen, Oberflächen, Rauheiten, Oberflächenprofilen und Schwingungen sowie zur Bestimmung der Farbe einer Oberfläche.

Stand der Technik

[0002] Bei Abstandsmessungen nach dem konfokalen Abbildungsprinzip wird aus einer Strahlungsverteilung in einer Bildebene eines abbildenden optischen Systems auf eine Lage eines Meßobjektes bzw. auf eine Lage einer Meßoberfläche relativ zum objektseitigen Brennpunkt eines optischen Elementes des abbildenden optischen Systems geschlossen. Zur Charakterisierung der Strahlungsverteilung in der Bildebene wird die Strahlungsleistung der 0. Beugungsordnung ermittelt, welche durch eine Blende in der Bildebene von den Strahlungsleistungen höherer Ordnung getrennt wird. Wird die Strahlungsleistung der 0. Beugungsordnung für mindestens zwei unterschiedliche Fokuslagen ermittelt, so kann hieraus ein Abstand bestimmt werden.

[0003] Die Abstandsmessung nach dem konfokalen Abbildungsprinzip ermöglicht eine berührungslose und schnelle sensorische Messung von Abständen mit μm - und $\text{sub-}\mu\text{m}$ - Auflösung, wobei bei gleichzeitiger mehrkanaliger Messung bzw. bei einer Relativbewegung des Meßobjektes in der Meßebebene Oberflächentopografien bestimmbar sind.

[0004] Die technischen Lösungen können nach der zeitlichen Abfolge der Messungen der Strahlungsleistungen (bzw. der Intensitäten) in den zumindest zwei unterschiedlichen Fokuslagen in seriell und parallel arbeitende Sensoren eingeteilt werden. Serielle Meßverfahren erfordern die Bewegung eines oder mehrerer Elemente des Sensors, wodurch erhöhte Meßungenauigkeiten infolge mechanischer Führungsfehler und Schwingungen der bewegten Elemente auftreten. Zudem sind diese Meßverfahren aufgrund der Trägheitskräfte der bewegten Elemente für schnellere Messungen im KHz-bis MHz-Bereich ungeeignet. Auch eine Miniaturisierung der Sensoren ist nur mit enormem technischen Aufwand möglich. Aufgrund der genannten Nachteile werden die seriell arbeitenden Sensoren nachstehend nicht weiter betrachtet. Vielmehr nutzt die vorliegende Erfindung ein paralleles Meßverfahren bzw. einen parallel arbeitenden Sensor.

[0005] Ein paralleles Meßverfahren ist aus der DE 102 42 373 A1 bekannt, wobei zur Umsetzung der Abstandsmessung nach dem konfokalen Abbildungsprinzip zwei Lichtquellen in unterschiedlichen Höhen auf die zu messende Oberfläche abgebildet werden. Das von der beleuchteten Oberfläche remittierte Licht wird über eine objektseitige Optik und über zwei voneinander getrennte Abbildungsoptiken auf zwei voneinander unabhängige Detektoren abgebildet. Dabei sind die Detektoren so angeordnet, daß diese in unterschiedlichen Objektabständen die maximale Bestrahlungsstärke messen. Aus der Differenz der Signale der beiden Detektoren läßt sich die Höhe des Messpunktes errechnen. Weiterhin wird ein mehrkanaliger Abstandssensor beschrieben, dessen Aufbau äquivalent dem einkanaligen Abstandssensor ist. Im Unterschied zum einkanaligen Abstandssensor sind die Beleuchtungseinrichtungen jeweils durch eine Mehrzahl an punktförmigen Lichtquellen ersetzt. Zudem sind die Empfänger durch ortsauflösende Detektoren in Zeilen- oder Matrixanordnung ersetzt.

[0006] Da der Aufbau gemäß der DE 102 42 373 A1 zwei Beleuchtungs- und auch zwei Meßbaugruppen erfordert, ist eine relativ aufwendige Konstruktion des beschriebenen Sensors notwendig. Des weiteren müssen zur Sicherstellung einer ausreichenden Meßgenauigkeit identische Baugruppenpaare verwendet werden. Zudem ist eine sehr genaue Justage der Elemente zueinander notwendig, wodurch die Herstellung des Sensors erheblich erschwert und verteuert wird.

[0007] Aus der DE 102 42 374 A1 ist ein Sensor zur Abstandsmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip bekannt, welcher eine oder mehrere Punktlichtquellen umfaßt, die Licht mit unterschiedlichen Spektralanteilen emittieren. Weiterhin ist eine Abbildungsoptik mit einem Farblängsfehler vorgesehen, wodurch die unterschiedlichen Spektralanteile des Beleuchtungslichtes in unterschiedlichen Abständen von der Abbildungsoptik fokussiert werden. Das von der Meßoberfläche remittierte Licht wird mittels eines Strahlteilers vom Beleuchtungslicht getrennt und durch eine Optik auf einen Lichtempfänger abgebildet. Das auf dem Empfänger auftreffende Licht mit einer abstandsabhängigen, spektralen Verteilung wird mit einem hochauflösenden Fotoempfänger erfasst und mit den gewonnenen Messdaten der Abstand zwischen dem Sensor und der Oberfläche ermittelt. Zudem wird ein mehrkanaliger Abstandssensor offenbart, bei dem der einkanalige Abstandssensor mit einer Nipkow-Scheibe und einem ortsauflösenden wellenlängenselektiven Empfänger kombiniert ist.

[0008] Mit dem Sensor gemäß der DE 102 42 374 A1 kann eine exakte Abstandsmessung nur auf Oberflächen durchgeführt werden, deren wellenlän-

genabhängige Remission bzw. Reflexion bekannt und homogen ist. Auf anderen Oberflächen misst der Sensor demgegenüber Intensitäten (bzw. Strahlungsleistungen der 0. Beugungsordnung), die sich nicht in verwertbare Höheninformationen umwandeln lassen. Der Einsatzbereich des Abstandssensors ist hierdurch stark begrenzt.

[0009] Aus der DE 101 61 486 A1 ist ein optischer Abstandssensor bekannt, welcher nach dem Prinzip der konfokalen Abbildung Abstands- oder Höheninformationen einer Oberfläche misst. Dieser Sensor weist eine nahezu punktförmige erste Apertur für einen Beleuchtungslichtstrahl auf, welcher aus Licht mehrerer Wellenlängen besteht. Zu dieser ist eine zweite Apertur konzentrisch angeordnet (Empfängerapertur). Sowohl für den Beleuchtungsstrahlengang als auch für den Meßstrahlengang wird eine gemeinsame Optik genutzt, welche einen chromatischen Längsfehler besitzt. Das Licht der ersten Apertur wird näherungsweise auf der Oberfläche fokussiert, an dieser diffus oder gerichtet reflektiert und durch die Optik wellenlängenabhängig in Richtung der zweiten Apertur fokussiert. Die zweite Apertur ist als ein zur optischen Achse konzentrisch angeordneter Kreisring ausgebildet. Hierdurch wird Licht einer bestimmten Wellenlänge, das nach der zweimaligen Abbildung und Reflexion an der Meßoberfläche genau in der Ebene der zweiten Apertur gebündelt wird, ausgeblendet. Der durch die zweite Apertur tretende Lichtanteil kann mittels eines wellenlängensensitiven Empfängers detektiert werden. Aus der spektralen Verteilung des Lichtes wird auf den Abstand des Sensors zur Meßoberfläche über eine minimale Lichtintensität geschlossen.

[0010] Der Sensor gemäß der DE 101 61 486 A1 nutzt dementsprechend ein chromatisches, konfokales Abbildungsprinzip zur Abstandsmessung und kann demzufolge nicht für die Messung von farblich inhomogenen Oberflächen eingesetzt werden. Der Einsatzbereich dieses Abstandssensors ist dementsprechend stark begrenzt.

Aufgabenstellung

[0011] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, den optischen Abstandssensor und das Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip derart zu verbessern, daß die Abstandsmessung zu einer Oberfläche eines Meßobjektes auch bei einer wellenlängenabhängigen Reflexion an dieser Oberfläche ermöglicht ist.

[0012] Die vorliegende Aufgabe wird in vorrichtungstechnischer Hinsicht durch einen optischen Sensor zur Abstands- und/oder Farbmessung mit einer Beleuchtungseinheit gelöst, mit der ein Wellenlängenspektrum emittierbar ist, einer ersten Abbil-

dungsoptik, mit der das Lichtspektrum auf eine Oberfläche eines Objektes wellenlängenabhängig abbildbar und von der Oberfläche reflektiertes Licht erfaßbar ist, wobei das von der ersten Abbildungsoptik erfaßte Licht aufgeteilt und über zumindest einen ersten optischen Meßstrahlengang mit einer Detektionsblende auf einen ersten wellenlängenselektiven Empfänger und über einen zweiten optischen Meßstrahlengang auf einen zweiten wellenlängensensitiven Empfänger fokussierbar ist und einer Berechnungseinheit, mit der ein Meßpunkt des ersten wellenlängenselektiven Empfängers mit dem korrespondierenden Signal des zweiten wellenlängenselektiven Empfängers korrigierbar ist.

[0013] Mit dem erfindungsgemäßen optischen Sensor können Abstände zu Oberflächen mit unterschiedlichster homogener und inhomogener Farbgebung bzw. mit wellenlängenabhängig remittierenden und reflektierenden Eigenschaften exakt gemessen werden, da für den erfindungsgemäßen optischen Abstandssensor nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip eine Baugruppe zur Korrektur der wellenlängenabhängigen Reflexion der Oberfläche im Bereich eines Meßpunktes geschaffen wird.

[0014] Die Beleuchtungseinheit kann eine Multimodelichtleitfaser aufweisen. Zudem kann eine Optik zur Einkopplung des Wellenlängenspektrums in die Multimodelichtleitfaser vorgesehen sein. Weiterhin kann die Beleuchtungseinheit mehrere LED's (Leuchtdioden) aufweisen zur Erzeugung des Wellenlängenspektrums.

[0015] Der erfindungsgemäße optische Sensor kann weiterhin eine Kollimationsoptik aufweisen, welche zwischen der Beleuchtungseinheit und der ersten Abbildungsoptik angeordnet ist, wobei eine Lichtaustrittsfläche der Beleuchtungseinheit in einem Brennpunkt der Kollimationsoptik angeordnet ist und ein kollimiertes Lichtbündel erzeugt. Dabei kann eine Lichtleiteraustrittsfläche der Multimodelichtleitfaser im Verhältnis zur Brennweite der Kollimationsoptik näherungsweise als Punktlichtquelle ausgebildet sein. Weiterhin kann zwischen der Kollimationsoptik und der ersten Abbildungsoptik ein erster Strahlteiler angeordnet sein, wobei das kollimierte Lichtspektrum den Strahlteiler passiert und auf der ersten Abbildungsoptik abbildbar ist, und wobei das von der Oberfläche reflektierte und von der ersten Abbildungsoptik erfaßte Licht vom kollimierten, den ersten Strahlteiler passierenden Lichtspektrum trennbar ist.

[0016] Zudem kann die erste Abbildungsoptik mehrere diffraktive Einzellinsen aufweisen, welche jeweils einen großen Farblängsfehler besitzen, wodurch das Lichtbündel an mehreren Meßpunkten in der Nähe der Oberfläche wellenlängenabhängig fokussierbar ist. Insbesondere kann die erste Abbildungsoptik als diffraktives Linsenarray (d.h. als dif-

fraktive Linsenmatrix) ausgebildet sein. Weiterhin kann das diffraktive Linsenarray für den langwelligen Spektralanteil eine kürzere Brennweite aufweisen als für die kurzwelligen Spektralanteile.

[0017] Der optische Sensor kann zudem eine zweite Abbildungsoptik aufweisen, mit der das von der Oberfläche reflektierte und von der ersten Abbildungsoptik erfaßte Licht in der Nähe der Detektionsblende fokussierbar ist. Die zweite Abbildungsoptik kann mehrere diffraktive Einzellinsen aufweisen. Insbesondere kann die zweite Abbildungsoptik als refraktives Linsenarray (d.h. als refraktive Linsenmatrix) ausgebildet sein.

[0018] Weiterhin kann die Detektionsblende als Blendenarray (d.h. als Blendenmatrix) ausgebildet sein. Dabei kann das reflektierte Licht über das diffraktive Linsenarray und das refraktive Linsenarray in der Nähe des Blendenarrays abgebildet sein. Insbesondere kann das diffraktive Linsenarray und das refraktive Linsenarray so dimensioniert sein, daß das Licht der Wellenlänge, deren Brennebene des diffraktiven Linsenarrays auf der Oberfläche des Meßobjektes liegt, in der Blendenebene fokussiert wird. Zudem können Anordnung und Abstände der Blenden des Blendenarrays an den ersten wellenlängenselektiven Empfänger angepaßt sein.

[0019] Der optische Sensor kann insbesondere auch einen ersten wellenlängenselektiven und ortsauflösenden Empfänger und/oder einen zweiten wellenlängenselektiven und ortsauflösenden Empfänger aufweisen.

[0020] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist zumindest eine der diffraktiven Einzellinsen der ersten Abbildungsoptik durch einen Spiegel ersetzt, wodurch eine Bestimmung der wellenlängenabhängigen direkten/diffusen Reflexion der Oberfläche des Meßobjektes über die Messung des emittierten Lichtes der Beleuchtungsquelle ermöglicht ist. Insbesondere kann eine peripher gelegene diffraktive Linse des diffraktiven Linsenarrays durch den Spiegel mit einem gleichen Durchmesser wie die Linse ausgetauscht sein.

[0021] In verfahrenstechnischer Sicht wird die erfindungsgemäße Aufgabe durch ein Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip mit einer wellenlängenselektiven Auswertung des von einer Meßoberfläche remittierten Lichtes gelöst, wobei ein abstandsabhängiges Wellenlängenspektrum und eine spektrale Reflexion getrennt voneinander erfaßt, Meßwerte des abstandsabhängigen Wellenlängenspektrums mit korrespondierenden Meßwerten der spektralen Reflexion korrigiert und die korrigierten Werte in Abstandswerte umgerechnet werden.

[0022] Weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele sind Gegenstand weiterer abhängiger Patentansprüche.

Ausführungsbeispiel

[0023] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. In diesen zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) ein Ausführungsbeispiel eines mehrkanaligen, optischen Abstands- und Farbsensors nach dem chromatischen konfokalen Abbildungsprinzip, und

[0025] [Fig. 2](#) ein Ausführungsbeispiel eines mehrkanaligen, optischen Abstands- und Farbsensors nach dem chromatischen konfokalen Abbildungsprinzip mit einer Erfassung der spektralen Remission des Lichtes von der Beleuchtungseinheit.

[0026] Der in [Fig. 1](#) dargestellte mehrkanalige, optische Abstandssensor **1**, welcher nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip arbeitet, weist eine Beleuchtungseinheit **12** auf, welche aus mehreren Leuchtdioden (LED) **10**, einer Multimodelichtleitfaser **11** und ggf. einer Optik (nicht im Einzelnen gezeigt) zum Einkoppeln des Lichts in diese Multimodelichtleitfaser **11** besteht.

[0027] Aus einer Lichtleiteraustrittsfläche der Multimodelichtleitfaser **11** wird Licht mit auf den Sensor abgestimmten spektralen Anteilen **13** emittiert.

[0028] Nachfolgend zur Multimodelichtleitfaser **11** ist eine Kollimationsoptik **14** angeordnet. Dabei ist eine Austrittsfläche der Multimodelichtleitfaser **11** in einem Brennpunkt dieser Kollimationsoptik **14** angeordnet, so daß die Kollimationsoptik **14** die Lichtaustrittsfläche ins Unendliche abbildet und das Licht kollimiert wird.

[0029] Dabei kann die Beleuchtungseinheit **12** wegen der relativ geringen Größe der Lichtleiteraustrittsfläche im Verhältnis zur Brennweite der Kollimationsoptik **14** näherungsweise als Punktlichtquelle behandelt werden.

[0030] Nachfolgend zur Kollimationsoptik **14** ist ein erster Strahlteiler **16** angeordnet.

[0031] Nach Transmission des kollimierten Lichts **15** durch diesen ersten Strahlteiler **16** wird das Licht durch ein diffraktives Linsenarray **17**, welches einen großen Farblängsfehler **18**, **19**, **20** besitzt, an mehreren Meßpunkten in der Nähe der Oberfläche **24** des Meßobjektes wellenlängenabhängig fokussiert. Dabei ist eine Brennweite des diffraktiven Linsenarrays für den langwelligen Spektralanteil (d.h. für rotes

Licht) **18** kürzer als eine Brennweite für die kurzwelligeren Spektralanteile (d.h. grünes und blaues Licht) **19, 20**.

[0032] In [Fig. 1](#) ist ein Schnitt durch eine Reihe des diffraktiven Linsenarrays gezeigt. Zwar kann das diffraktive Linsenarray **17** aus mehreren, in Reihe angeordneten diffraktiven Einzellinsen bestehen, jedoch ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf begrenzt. Vielmehr können in einer zur Zeichenebene der [Fig. 1](#) senkrechten Ebene weitere derartige Reihen an diffraktiven Einzellinsen angeordnet werden, wodurch ein Meßfeld aufgespannt wird. Folglich sind sowohl linienförmige Messungen als auch flächenförmige Messungen in einem Meßschritt ermöglicht. Ein Bewegen des Abstandssensors zur Ermittlung des Abstandes ist somit nicht erforderlich.

[0033] In [Fig. 1](#) ist mit dem Bezugszeichen **18** die „Rotlicht-Brennebene“ und mit dem Bezugszeichen **20** die „Blaulicht-Brennebene“, d.h. die entsprechenden Fokusebenen, angedeutet. Während die „Rotlicht-Brennebene“ noch oberhalb der Oberfläche **24** des Meßobjektes liegt, läge eine „Blaulicht-Brennebene“ unterhalb der Oberfläche **24** des Meßobjektes (d.h. innerhalb des Meßobjektes selbst).

[0034] Der Höhenmeßbereich des vorliegenden Ausführungsbeispiels des Abstandssensors ist durch diese „Brennebenenlage“ für rotes und für blaues Licht **18, 20** begrenzt.

[0035] An einem Meßpunkt besitzt genau diejenige Wellenlänge **21, 22, 23** die größte Bestrahlungsstärke, deren Brennpunkt **18, 19, 20** von einer diffraktiven Linse **17** genau auf der Oberfläche des Meßobjektes zu liegen kommt. Demgegenüber sinkt mit zunehmendem Abstand des Brennpunktes der jeweiligen Wellenlänge von der Oberfläche **24** des Meßobjektes auch deren Bestrahlungsstärke.

[0036] Das über den vorstehend beschriebenen Beleuchtungsstrahlengang erzeugte und auf der Oberfläche **24** des Meßobjektes fokussierte Licht wird an dieser Oberfläche **24** je nach deren optischen Eigenschaften zumindest teilweise diffus oder direkt reflektiert.

[0037] Eine Auswertung des reflektierten Lichtes wird nachfolgend erläutert.

[0038] Über das diffraktive Linsenarray **17** wird das von der Oberfläche reflektierte Licht abgebildet, wobei der nachfolgend angeordnete erste Strahlteiler diesen Meßstrahlengang vom vorstehend erläuterten Beleuchtungsstrahlengang trennt. Mittels eines Teilerspiegels wird der Meßstrahlengang auf zwei (Teil-) Meßstrahlengänge in einem bestimmten Verhältnis geteilt und über zwei getrennte optische Wege fokussiert.

[0039] In einem dieser getrennten optischen Wege ist nachfolgend zum Teilerspiegel ein refraktives Linsenarray und wiederum nachfolgend hierzu ein Blendenarray **28** und wiederum nachfolgend hierzu ein erster wellenlängenselektiver und ortsauflösender Empfänger **30** angeordnet.

[0040] Über das diffraktive Linsenarray **17** und das refraktive Linsenarray **27** wird das reflektierte Licht in die Nähe des Blendenarrays **28** abgebildet. Das diffraktive Linsenarray **17** und das refraktive Linsenarray **27** sind dabei derart dimensioniert, daß das Licht derjenigen Wellenlänge, deren Brennebene **18, 19, 20** des diffraktiven Linsenarrays **17** auf der Oberfläche des Meßobjektes **24** liegt, in der Blendenebene **28** fokussiert wird. Somit ist die Bestrahlungsstärke für genau diese Wellenlänge in der Blendenebene **28** am größten. Je weiter der Brennpunkt der jeweiligen Wellenlänge **18, 19, 20** des diffraktiven Linsenarrays **17** von der Oberfläche des Meßobjektes **24** entfernt ist, um so geringer ist auch die Bestrahlungsstärke dieser Wellenlängen in der Blendenebene **28** (gemäß dem konfokalen Abbildungsprinzip). Umso breiter der Spot einer Wellenlänge in der Blendenebene **28** ist, desto weniger Strahlungsleistung wird auch durch die Blende **28** hindurchgelassen.

[0041] Die Anordnung und die Abstände der Blenden des Blendenarrays **28** können dabei an den ersten wellenselektiven, ortsauflösenden Empfänger **31**, der sich in einem gewissen Abstand hinter dem Blendenarray **28** befindet, angepaßt sein.

[0042] Wie beschrieben, wird das von der Oberfläche **24** reflektierte Licht über das diffraktive Linsenarray **17** nahezu ins Unendliche abgebildet, durch den ersten Strahlteiler **16** vom Beleuchtungsstrahlengang getrennt und durch den zweiten Strahlteiler **26** aufgeteilt. Mittels des zweiten wellenlängenselektiven ortsauflösenden Empfängers **35** wird (zusätzlich zu dem vorstehend beschriebenen ersten Meßstrahlengang) das reflektierte Licht in einem zweiten Meßstrahlengang gemessen. Eine Blende ist im zweiten Meßstrahlengang nicht vorgesehen. Allerdings kann im zweiten Strahlengang zur Korrektur des wellenlängenabhängigen bildseitigen Öffnungswinkels des Strahlenbündel ein weiteres Linsenarray **33** zwischen dem zweiten Strahlteiler **26** und dem zweiten Empfänger **35** angeordnet sein, wie dies in [Fig. 2](#) dargestellt ist.

[0043] Für die Ermittlung der Abstandsinformationen zwischen dem diffraktiven Linsenarray **17** und der Oberfläche **24** des Meßobjektes wird die Information eines Meßpunktes des ersten wellenlängenselektiven Empfängers **31** mit dem korrespondierenden Signal des zweiten wellenlängenselektiven Empfängers **35** korrigiert. Diese korrigierten Werte lassen sich direkt in Höheninformationen umwandeln.

[0044] Die orts aufgelöste Farbinformation des Meßpunktes läßt sich aus den Werten des zweiten wellenlängenselektiven, ortsauflösenden Empfängers **35** ermitteln.

[0045] Für eine Bestimmung der wellenlängenabhängigen direkten/diffusen Reflexion der Oberfläche des Meßobjektes ist es sinnvoll, das emittierte Licht der Beleuchtungsquelle direkt zu messen, wie dies in [Fig. 2](#) dargestellt ist. Dies wird durch einen Austausch einer peripher gelegenen diffraktiven Linse des diffraktiven Linsenarrays **17** durch einen Spiegel **25** mit dem gleichen Durchmesser wie die ausgetauschte Linse realisiert. Dementsprechend können beide wellenlängenselektiven ortsauflösenden Empfänger **31**, **35** die Bestrahlungsstärke der Lichtquelle ohne die wellenlängenabhängige Reflexion/Remission an der Oberfläche des Messobjektes detektieren. Für eine orts aufgelöste Bestimmung der Farbe der Oberfläche des Meßobjektes müssen die Meßwerte des zweiten wellenlängenselektiven ortsauflösenden Empfängers **35** lediglich mit diesen Werten verrechnet werden. Ein entsprechender Aufbau für diesen mehrkanaligen optischen Abstandssensor nach dem chromatischen konfokalen Abbildungsprinzip ist in [Fig. 2](#) dargestellt.

[0046] Die Auswertung der Meßwerte bei sämtlichen der vorgenannten Ausführungsbeispiele wird über eine empfangernahe Elektronik realisiert, wodurch der gesamte Abstandssensor als Mikrosensor mit mikrooptischen, mikroelektrischen und mikromechanischen Bauelementen aufgebaut ist.

[0047] Mit dem vorstehend genannten Sensor ist eine Oberflächensensorik, z.B. zur Farbschichtdickenkontrolle bei Offsetdruck geschaffen, mit der neben der Erfassung der Mikrogeometrie die orts aufgelöste Detektion der Farbe der Oberflächen ermöglicht ist.

[0048] Vorliegend wird für einen optischen Abstandssensor nach dem chromatischen konfokalen Abbildungsprinzip eine Baugruppe zur Korrektur der wellenlängenabhängigen Reflexion der Oberfläche im Bereich eines Meßpunktes geschaffen. Der Sensor beinhaltet dabei eine Lichtquelle, die ein Wellenlängenspektrum emittiert. Diese wird über eine Beleuchtungsoptik, welche eine wellenlängenabhängige Brennweite besitzt, auf eine Oberfläche eines Meßobjektes abgebildet und von dort teilweise reflektiert. Dieses reflektierte Licht wird von einer ersten Abbildungsoptik erfaßt, mittels eines Teilerspiegels in einem bestimmten Verhältnis geteilt und über zwei getrennte optische Wege fokussiert. Die erste Abbildungsoptik ist durch eine wellenlängenabhängige Brennweite charakterisiert und bildet mit einer zweiten Abbildungsoptik die Meßoberfläche in der Nähe einer Blendenebene ab. Je nach Abstand der ersten Abbildungsoptik zur Meßoberfläche wird das Licht ei-

nes bestimmten schmalen Wellenlängenbereiches von dem Blendenarray nahezu vollständig hindurchgelassen und von einem ersten wellenlängenselektiven Empfänger detektiert. Der andere Teil des reflektierten Lichtes wird von einem zweiten wellenlängenselektiven Empfänger, der damit die wellenlängenabhängige Reflexion bzw. die Farbe des Meßpunktes der Objektoberfläche bestimmt, erfaßt. Der Abstand eines Meßpunktes zum Bezugspunkt des Sensors läßt sich aus der Information des ersten und des zweiten Empfängers errechnen, wobei mit der erfaßten spektralen Reflexion des zweiten Empfängers das abstandsabhängige Wellenlängenspektrum des ersten Empfängers korrigiert wird.

[0049] Die Abstände zur Oberflächen mit unterschiedlichster homogener und inhomogener Farbgebung mit bzw. wellenlängenabhängig remittierenden und reflektierenden Eigenschaften können hierdurch exakt gemessen werden.

[0050] Zudem kann durch den Einsatz von ortsauflösenden Farbsensorchips als wellenlängenselektive Empfänger ein einfacher, mehrkanaliger Sensoraufbau realisiert werden. Damit ist eine schnelle parallele Abstands- und Farbmessung in einem begrenzten Bereich einer Objektoberfläche ohne eine mechanische Scannbewegung möglich. Weiterhin läßt sich mit den gewonnenen Daten die Meßoberfläche hinsichtlich ihrer Topografie sowie ihrer Farbverteilung charakterisieren.

[0051] Für den Aufbau des vorzugsweise mehrkanaligen Sensors können neben strukturierten Fotoempfängern lithografisch gefertigte Mikrolinsen-, Blenden- und Farbfilterarrays eingesetzt werden, wodurch die hochgenaue Montage der optischen Elemente bei moderatem Aufwand gewährleistet wird.

Patentansprüche

1. Optischer Sensor zur Abstands- und/oder Farbmessung mit einer Beleuchtungseinheit (**12**), mit der ein Lichtspektrum (**13**) unterschiedlicher Wellenlänge emittierbar ist, einer ersten Abbildungsoptik (**17**), mit der das Lichtspektrum (**13**) auf eine Oberfläche (**24**) eines Objektes wellenlängenabhängig abbildbar und von der Oberfläche (**24**) reflektiertes Licht erfaßbar ist, wobei das von der ersten Abbildungsoptik (**17**) erfaßte Licht aufgeteilt und über zumindest einen ersten optischen Meßstrahlengang mit einer Detektionsblende (**28**) auf einen ersten wellenlängenselektiven Empfänger (**31**) zur Erfassung eines abstandsabhängigen Wellenlängenspektrums und über einen zweiten optischen Meßstrahlengang auf einen zweiten wellenlängenselektiven Empfänger (**35**) zur Erfassung einer spektralen Reflexion fokussierbar ist und einer Berechnungseinheit, mit der ein Meßpunkt

des ersten wellenlängenselektiven Empfängers (31) mit dem korrespondierenden Signal des zweiten wellenlängenselektiven Empfängers (35) korrigierbar ist.

2. Optischer Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (12) eine Multimodelichtleitfaser (11) aufweist.

3. Optischer Sensor nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch eine Optik zur Einkopplung des Wellenlängenspektrums (13) in die Multimodelichtleitfaser (11).

4. Optischer Sensor nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtungseinheit (12) eine oder mehrere LEDs (10) zur Erzeugung des Wellenlängenspektrums (13) aufweist.

5. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 2 bis 4, gekennzeichnet durch eine Kollimationsoptik (14), welche zwischen der Beleuchtungseinheit (12) und der ersten Abbildungsoptik (17) angeordnet ist, wobei eine Lichtaustrittsfläche der Beleuchtungseinheit (12) in einem Brennpunkt der Kollimationsoptik (14) angeordnet ist und ein kollimiertes Lichtbündel (15) erzeugt.

6. Optischer Sensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Lichtleiteraustrittsfläche der Multimodelichtleitfaser (11) im Verhältnis zur Brennweite der Kollimationsoptik (14) näherungsweise als Punktlichtquelle ausgebildet ist.

7. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 2 bis 5, gekennzeichnet durch einen zwischen der Kollimationsoptik (14) und der ersten Abbildungsoptik (17) angeordneten ersten Strahlteiler (16), wobei das kollimierte Lichtspektrum (15) den Strahlteiler (16) passiert und auf der ersten Abbildungsoptik (17) abbildbar ist, und wobei das von der Oberfläche (24) reflektierte und von der ersten Abbildungsoptik (17) erfaßte Licht vom kollimierten, den ersten Strahlteiler (16) passierenden Lichtspektrum trennbar ist.

8. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Abbildungsoptik (17) mehrere diffraktive Einzellinsen aufweist, welche jeweils einen großen Farblängsfehler (18, 19, 20) besitzt, wodurch das Lichtspektrum (13, 15) an mehreren Meßpunkten in der Nähe der Oberfläche (24) wellenlängenabhängig fokussierbar ist.

9. Optischer Sensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Abbildungsoptik (17) als diffraktives Linsenarray ausgebildet ist.

10. Optischer Sensor nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das diffraktive Linsenarray für den langwelligeren Spektralanteil (18)

eine kürzere Brennweite aufweist als für die kurzwelligeren Spektralanteile (19, 20).

11. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch eine zweite Abbildungsoptik (27), mit der das von der Oberfläche (24) reflektierte und von der ersten Abbildungsoptik (17) erfaßte Licht in der Nähe der Detektionsblende (28) fokussierbar ist.

12. Optischer Sensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Abbildungsoptik (27) mehrere refraktive Einzellinsen aufweist.

13. Optischer Sensor nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Abbildungsoptik (27) als refraktives Linsenarray ausgebildet ist.

14. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsblende (28) mehrere Einzelblenden aufweist.

15. Optischer Sensor nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsblende (28) als Blendenarray ausgebildet ist.

16. Optischer Sensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das reflektierte Licht über das diffraktive Linsenarray (17) und das refraktive Linsenarray (27) in die Nähe des Blendenarrays (28) abgebildet ist.

17. Optischer Sensor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das diffraktive Linsenarray (17) und das refraktive Linsenarray (27) so dimensioniert sind, daß das Licht der Wellenlänge, deren Brennebene (18, 19, 20) des diffraktiven Linsenarray (17) auf der Oberfläche des Meßobjektes (24) liegt, in der Blendenebene (28) fokussiert wird.

18. Optischer Sensor nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß Anordnung und Abstände der Blenden des Blendenarray an den ersten wellenlängenselektiven Empfänger (31), angepaßt sind.

19. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 18, gekennzeichnet durch einen ersten wellenlängenselektiven und ortsauflösenden Empfänger (31) und/oder einen zweiten wellenlängenselektiven und ortsauflösenden Empfänger (35).

20. Optischer Sensor nach einem der Ansprüche 8 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine der diffraktiven Einzellinsen der ersten Abbildungsoptik (17) durch einen Spiegel (25) ersetzt ist.

21. Optischer Sensor Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine peripher gelegene diffraktive Linse des diffraktiven Linsenarray (17) durch den

Spiegel (25) mit einem gleichen Durchmesser wie die Linse ausgetauscht ist.

22. Verfahren zur optischen Abstands- und/oder Farbmessung nach dem chromatischen, konfokalen Abbildungsprinzip mit einer wellenlängenselektiven Auswertung des von einer Meßoberfläche (24) remittierten Lichtes, wobei ein abstandsabhängiges Wellenlängenspektrum und eine spektrale Reflexion getrennt voneinander erfaßt, Meßwerte des abstandsabhängigen Wellenlängenspektrums mit korrespondierenden Meßwerten der spektralen Reflexion korrigiert und die korrigierten Werte in Abstandswerte umgerechnet werden.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß eine orts aufgelöste Farbinformation aus den Meßwerten der spektralen Reflexion bestimmt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

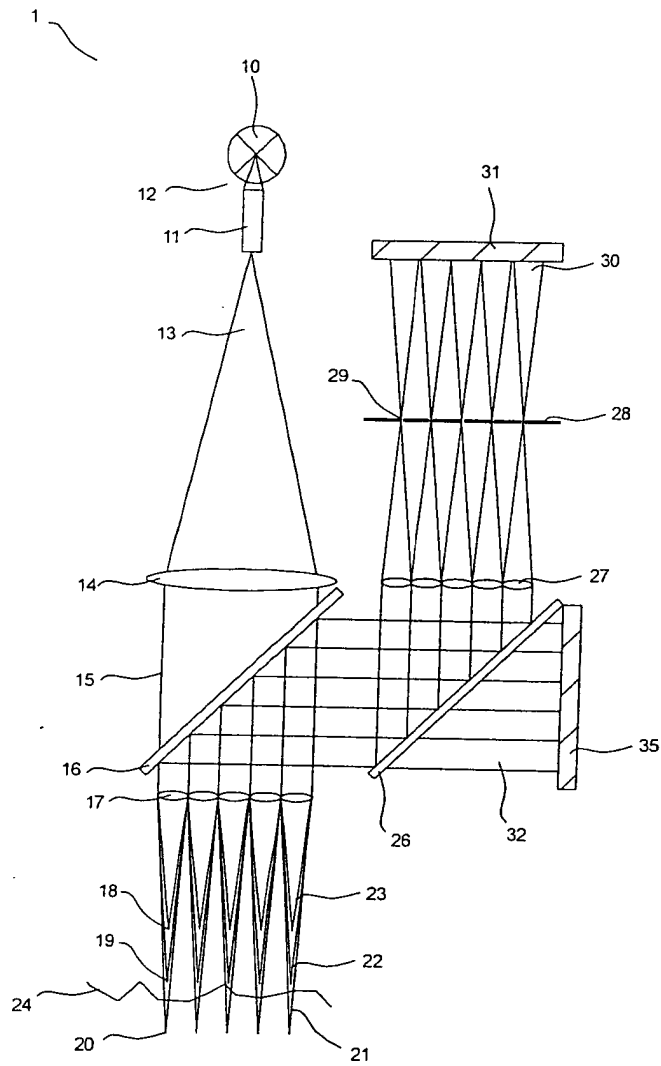


FIG.2

