



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 061 834 B4 2007.11.08**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 061 834.0**
 (22) Anmeldetag: **23.12.2005**
 (43) Offenlegungstag: **09.08.2007**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 21/55 (2006.01)**
G01N 21/88 (2006.01)
G02B 27/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

IOSS intelligente optische Sensoren & Systeme GmbH, 78315 Radolfzell, DE

(72) Erfinder:

Gäßler, Joachim, Dr., 78166 Donaueschingen, DE;
Konz, Christian, 78337 Öhningen, DE; Richter,
Harald, 78467 Konstanz, DE

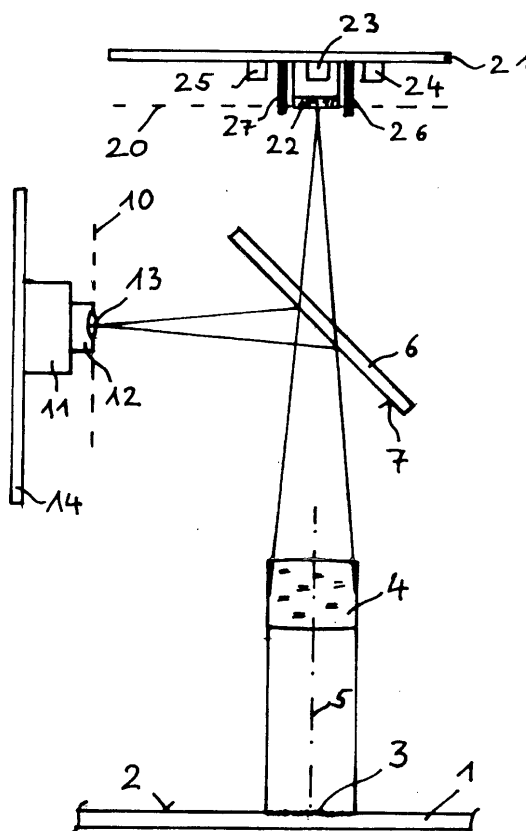
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 23 54 141 A1
US 42 41 389 A
US 68 70 949
US 45 61 722
WO 96/07 076
JP 08-1 72 506 A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum optischen Prüfen einer Oberfläche**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereiches (3) einer spiegelnden oder diffus reflektierenden Oberfläche (2),

- mit wenigstens einer Lichtquelle zur Hellfeldbeleuchtung, die mittels eines telezentrischen Strahlengangs auf den Untersuchungsbereich (3) abgebildet wird,
 - mit einer elektronischen Kamera (11) mit einem Objektiv (12), welche einen Teil des von der Oberfläche (2) im Untersuchungsbereich (3) emittierten Lichts über einen telezentrischen Strahlengang aufnimmt und die gewonnenen Bilder an eine Auswerteeinrichtung übermittelt, und
 - mit einer elektronischen Steuerung zur Steuerung der Beleuchtung des Untersuchungsbereiches (3) und zur Steuerung der Funktionen der Kamera (11),
- dadurch gekennzeichnet, daß der kamera- und beleuchtungsseitige Strahlengang eine asphärische Feldlinse (4) aufweist, deren Brennweite kleiner ist als das Zweifache der maximalen Ausdehnung des Untersuchungsbereiches (3) und deren Projektionsfläche auf der zu untersuchenden Oberfläche (2) den Untersuchungsbereich (3) wenigstens gerade überdeckt, wobei der Untersuchungsbereich (3) über einen unter 45 Grad zur optischen Achse...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und Verfahren zum optischen Prüfen einer Oberfläche.

[0002] Aus der US-Patentschrift US6870949B2 ist eine Bildaufnahmevorrichtung zur Abbildung von Defekten auf einer ebenen, spiegelnden Oberfläche bekannt, bei der mittels eines telezentrischen Strahlenganges der zu untersuchende Bereich der Oberfläche mit einer Kamera abgebildet wird und die Dunkel-feldbeleuchtung der Oberfläche durch eine koaxial zur optischen Achse der Kamera angeordneten ringförmigen Beleuchtungsquelle erfolgt. Es ist ferner vorgesehen, die Lichtquellen zur Beleuchtung der Oberflächen senkrecht zur optischen Achse der Kamera mittels eines halbdurchlässigen Spiegels einzuspiegeln. In diesem Fall ist auch die Realisierung einer Hellfeldbeleuchtung vorgesehen. Das Bild der zu untersuchenden Oberfläche wird in diesem Fall mittels der Feldlinse in die Kameraoptik abgebildet und der Strahlengang verläuft durch die planparallele Platte des halbdurchlässigen Spiegels, welche insbesondere bei einem großen Öffnungswinkel des Strahlenganges, d.h. bei einer kurzen Brennweite der Feldlinse einen abbildungsqualitätsverschlechternden Astigmatismus erzeugt.

[0003] Aus der US-Patentschrift US4561722A ist ein Strahlteiler für einen beleuchtungs- und sensorseitig telezentrischen Strahlengang bekannt, der wenigstens eine transparente Abdeckung für den halbdurchlässigen Spiegel zur Verhinderung von Fremdlichteinflüssen durch Verschmutzung vorsieht.

[0004] Aus der japanischen Patentanmeldung JP08172506A ist ein Manuskript-Lesegerät mit einer Kamera und einer achsnahen Dunkelfeldbeleuchtung bekannt, wobei für Beleuchtung und Kamerastrahlengang die gleiche telezentrische Optik verwendet wird. Die achsennahe Dunkelfeldbeleuchtung bietet insbesondere bei Manuskripten auf glänzendem Papier Vorteile bei der Erkennbarkeit der Zeichen.

[0005] Die aus der US6870949B2 und der JP08172506A bekannten Anordnungen mit einer Kamera, deren Objektiv auf der optischen Achse der telezentrischen Feldlinse liegt, weisen den Nachteil auf, daß die Höhe der gesamten Anordnung längs der optischen Achse der Feldlinse die Brennweite der Feldlinse vermehrt um die Summe der Längen von Kamera und Objektiv übersteigt.

[0006] Aus der DE 23 54 141 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Untersuchung der Ebenheit von spiegelnden Flächen bekannt, bei der eine punktförmige Lichtquelle auf der optischen Achse einer Feldlinse angeordnet ist und mittels einer Kamera ein Bild erzeugt wird, aus dem die Neigung des Nor-

malvektors der zu untersuchenden Oberfläche zur optischen Achse der Feldlinse abgeleitet wird. Die Vorrichtung mit einer punktförmigen Lichtquelle weist für den Fall, daß Texturen oder/und Zeichen auf einer spiegelnden Oberfläche vermessen werden sollen, den Nachteil auf, daß bei geringster Neigung der optischen Achse des Beleuchtungsstrahlengangs zur Normalen der zu untersuchenden Oberfläche die Beleuchtung über das Meßfeld verteilt stark inhomogen wird und eine Erkennung der Texturen und/oder Zeichen erheblich beeinträchtigt wird.

[0007] In der US-Schrift US4241389A ist eine Vorrichtung offenbart, die eine Anzahl von virtuellen Lichtquellen in der Fokalebene eines telezentrischen Strahlengangs zum Zweck der Beleuchtung einer Projektionsmaske nach der Köhler-Methode schafft.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, eine aus wenigen Komponenten bestehende, kompakte und kostengünstig zu fertigende Vorrichtung zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Bereichs einer diffus reflektierenden oder spiegelnden Oberfläche mit einem telezentrischen Strahlengang sowie Verfahren zum Prüfen einer Oberfläche zu schaffen, welche eine kompakte Vorrichtung zum Prüfen verwenden, wobei die Vorrichtung insbesondere in Richtung der optischen Achse der Feldlinse eine möglichst geringe Länge aufweisen soll. Insbesondere soll unter dem optischen Prüfen sowohl das qualitative Erkennen von Oberflächenstrukturen und/oder -fehlern als auch die Erkennung von Zeichen und/oder Codierungen verstanden werden.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst. Insbesondere wird das von der zu untersuchenden Oberfläche ausgehende Licht mittels einer asphärischen Feldlinse kurzer Brennweite über einen halbdurchlässigen Spiegel in die Eintrittspupille des Objektivs einer elektronischen Kamera abgebildet, wobei die Beleuchtung der Oberfläche im Fall der Hellfeldbeleuchtung durch eine in der Fokalebene der Feldlinse und im Bereich der optischen Achse der Feldlinse angeordnete nicht-punktförmige Lichtquelle, die vorzugsweise aus einer von einer mehrfarbig einstellbaren Halbleiterlichtquelle angestrahlten Mattscheibe gebildet wird, erfolgt.

[0010] Verfahren zum Prüfen einer Oberfläche sind in den Ansprüchen 6–8 angegeben. Ein Verfahren zur Justierung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist im Anspruch 9 angegeben.

[0011] Die Erfindung wird an Hand der Abbildungen näher erläutert. Hierbei zeigt die [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht des Strahlenganges senkrecht zu den optischen Achsen von Kameraobjektiv und Feldlinse; [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht des Strahlenganges in Richtung der optischen Achse des Kameraob-

ektivs und [Fig. 3](#) einen Schnitt durch die Vorrichtung in der Ebene der optischen Achsen

[0012] In [Fig. 1](#) ist der erfindungsgemäße Strahlengang in einer Ansicht senkrecht zu den optischen Achsen des Kameraobjektivs und der telezentrischen Feldlinse und in [Fig. 2](#) in einer dazu senkrecht stehenden Ansicht schematisch dargestellt. Die im Schnitt dargestellte Feldlinse (4) weist in der Projektion in Richtung der optischen Achse (5) einen rechteckigen Querschnitt auf, der die Abmessungen des Untersuchungsbereiches (3) der Oberfläche (2) des zu untersuchenden Substrats (1) in jeder Richtung um wenige Prozent übersteigt. Eine Eigenart eines telezentrischen Strahlenganges ist es, daß die Feldlinse (4) auf der Seite des Untersuchungsbereiches (3) einen parallelen Strahlengang aufweist und somit die Projektion der Feldlinse in Richtung der optischen Achse den Untersuchungsbereich enthalten muß. Die telezentrische Abbildung gibt die Strukturen des Untersuchungsbereiches (3) unabhängig vom Abstand der Feldlinse (4) von der Oberfläche (2) mit immer dem gleichen Abbildungsmaßstab wieder. Eine telezentrische Abbildungsoptik wird daher bei optischen Meßaufgaben bevorzugt eingesetzt. Um eine kurze Baulänge in Richtung der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) zu erzielen, muß der Öffnungswinkel des telezentrischen Strahlenbündels möglichst groß gewählt werden. Da große Öffnungswinkel bei Strahlengängen mit sphärischen Optikkomponenten zu erheblichen Abbildungsfehlern führen, ist vorgesehen, die Feldlinse (4) als asphärische Linse auszuführen. Die Feldlinse (4) wird aus Glas mit wenigstens einer asphärischen Fläche geschliffen und in der rechteckigen Form ausgeschnitten. Es ist im Rahmen der Erfindung auch vorgesehen, die Feldlinse (4) im Spritzgußverfahren aus Kunststoff herzustellen, wobei wenigstens eine Oberfläche der Spritzgußform der Feldlinse (4) asphärisch ausgeführt ist. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß eine für eine Lichtwellenlänge berechnete asphärische Einzellinse als Feldlinse (4) zu ausreichend guten Abbildungseigenschaften des Gesamtsystems führt. Das von dem Untersuchungsbereich (3) parallel zur optischen Achse (5) der Feldlinse (4) emittierte Licht wird über einen unter 45 Grad zu der optischen Achse der Feldlinse (4) angeordneten Strahlteiler (6) mit einer durchlässig verspiegelten Oberfläche (7) in die Fokalebene (10) der Feldlinse (4) abgebildet. In der Fokalebene (10) ist die Eintrittspupille (13) des Objektivs (12) einer Kamera (11) derart angeordnet, daß das Bild eines auf der optischen Achse (5) der Feldlinse liegenden Objektpunktes auf der Oberfläche (2) in die Mitte der Eintrittspupille (13) abgebildet wird. Bei der Kamera (11) handelt es sich vorzugsweise um eine elektronische Kamera mit einem CCD- oder einem CMOS-Bildaufnehmer, die auf einer Kameraplatine (14) angeordnet ist. Die Kameraplatine (14) trägt vorzugsweise eine elektronische Schaltung zur Steuerung der Kamera (11), insbesondere zur Steuerung des Bildaufnahme- und

-auslesevorgangs.

[0013] In der Verlängerung der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) ist in der Fokalebene (20) der Feldlinse (4) eine Lichtquelle für die Hellfeldbeleuchtung des Untersuchungsbereiches (3) angeordnet. Die Lichtquelle weist in Richtung senkrecht zu der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) eine Ausdehnung von 3 bis 10 mm auf damit eine deutliche Abweichung von einer punktförmigen Lichtquelle auf. Es ist vorgesehen, in der Fokalebene (20) eine Mattscheibe (22) anzuordnen, die von einer auf der der Feldlinse (4) abgewandten Seite der Mattscheibe (22) von einer Lampe beleuchtet wird. Bei der Lampe handelt es sich vorzugsweise um eine mehrfarbig einstellbare Leuchtdiode (LED 23). Eine deutlich von einer Punktlichtquelle abweichende ausgedehnte Lichtquelle in der Fokalebene (20) bietet den Vorteil, daß die Bedingung für die Hellfeldbedingung auch dann noch erfüllt ist, wenn bei einer spiegelnden Oberfläche (2) die optische Achse (5) der Feldlinse (4) eine Abweichung von der Normalen der Oberfläche (2) aufweist, beispielsweise weil das Substrat (1) gegenüber der Vorrichtung nicht exakt ausgerichtet wurde bzw. weil das Substrat (1) Abweichungen von einer ebenen Form aufweist.

[0014] Der in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellte Beleuchtungsstrahlengang bildet auf dem Substrat (1) eine Fläche ab, die ein wenig größer ist als die Projektion der Feldlinse (4) auf das Substrat ist. Dies ist insbesondere bei der Justage der Vorrichtung von Vorteil, weil in der Regel ohne weitere Hilfsmittel und ohne daß die Kamera (11) betrieben werden muß, der Untersuchungsbereich (3) in dem ausgeleuchteten Hellfeld durch optische Kontrolle einer Bedienperson plaziert werden kann. Bei einer perfekt spiegelnden Oberfläche (2) kann es notwendig sein, zur Justage ein leicht streuendes, blattförmiges Mittel, beispielsweise eine Streufolie auf dem Substrat (1) im Untersuchungsbereich (2) anzuordnen.

[0015] Die LED (23) für die Hellfeldbeleuchtung ist auf einer in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) schematisch dargestellten Beleuchtungsplatine (21) angeordnet Diese Beleuchtungsplatine (21) enthält vorzugsweise weitere Lichtquellen, wie beispielsweise die beiden linear ausgedehnten LED-Zeilen (24) und (25). Sie werden aus jeweils wenigstens drei kollinear angeordneten LEDs gebildet und sind für eine achsennahe Dunkel-feldbeleuchtung des Untersuchungsbereiches (3) verwendbar.

[0016] Die LED-Zeilen (25) und (25) sind mit ihren licht-emittierenden Flächen im Sinne der geometrischen Optik weit außerhalb der Fokalebene (20) der Feldlinse angeordnet und liegen von der Feldlinse (4) aus gesehen um mindestens 15% der Brennweite der Feldlinse (4) hinter der Fokalebene (20). Dadurch ergibt sich eine Abbildungsgeometrie, bei der der ob-

jektseitige Strahlengang der Lichtquellen (24) und (25) nicht mehr parallel verläuft sondern deutlich konvergiert, sofern die Oberfläche (2) vor den Bildpunkten der LED-Zeilen (24) und (25) liegt. Es hat sich in der Praxis gezeigt, daß ein konvergenter Strahlengang und damit verbunden ein nicht einheitlicher Einfallswinkel auf die Oberfläche (2) einen geringeren Justageaufwand der optischen Achse (5) bezüglich der Oberfläche (2) erforderlich macht, in so fern, als der Winkel zwischen der optischen Achse (5) und der Oberfläche (2) nicht exakt 90 Grad betragen muß.

[0017] Da die LED-Zeilen (24) und (25) durch die Feldlinse (4) auf dem Substrat (1) jeweils gegenüber dem Untersuchungsbereich (3) versetzt abgebildet werden, ist vorgesehen auf jeweils gegenüberliegenden Seiten der LED (23) die LED-Zeilen (24) und (25) anzuordnen. Die LED-Zeilen (24, 25) sind vorzugsweise ohne Streuscheibe auf der Beleuchtungsplatine (21) und somit außerhalb der Fokalebene (20) der Feldlinse (4) angeordnet. Die einzelnen LEDs der LED-Zeilen (24, 25) sind vorzugsweise ebenso wie die LED (23) mehrfarbig einstellbare LEDs, insbesondere sogenannte RGB-LEDs, die jeweils drei Einzel-LEDs in den Farben rot, grün und blau in einem Gehäuse aufweisen.

[0018] Alle LEDs können über eine nicht näher beschriebene Beleuchtungssteuerung in ihrer Intensität und in der Mischfarbe des emittierten Lichtes eingestellt werden. Die Lichtfarben können zwischen den einzelnen LEDs einer LED-Zeile räumlich und/oder Zeitlich variieren. Es ist jedoch vorgesehen, für bestimmte Meßaufnahmen in einer Beleuchtungssteuerung Wertetabellen zu hinterlegen, die Standard-Beleuchtungssituationen repräsentieren. Hierdurch kann bei der Erstellung einer Aufnahme des Untersuchungsbereiches (3) eine zufriedenstellende Ausleuchtung schneller realisiert werden als diese bei einem iterativen Prozeß der Fall wäre.

[0019] Die in den Fig. 1 und Fig. 2 schematisch dargestellten Strahlengänge für die Beleuchtung und für die Aufnahme weisen den Vorteil auf, daß beim Kamerastrahlengang durch die Reflexion des weit geöffneten Strahlenbündels an der durchlässig verspiegelten Oberfläche (7) des Strahlteilers (6) kein Astigmatismus auftritt, wie er beim Durchtritt des Strahlenbündels durch eine planparallele Platte auftreten würde. Zwar wäre der Astigmatismus im Kamerastrahlengang vermeidbar, wenn die optische Achse der Kamera auf der optischen Achse (5) der Feldlinse liegen würde und als Strahlteiler ein Strahlteilerwürfel an Stelle einer Strahlteilerplatte verwendet werden würde. In diesem Fall würden jedoch Farbränder durch chromatische Aberration im Strahlteilerwürfel auftreten; zudem würde die Fokalebene der Feldlinse etwa um die Dicke des Strahlteilerwürfels von der Feldlinse weg versetzt sein und würde somit die Länge der gesamten Anordnung in Richtung senkrecht

zu der Oberfläche (2) vergrößern.

[0020] In Fig. 3 ist der mechanische Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Schnitt der aus den optischen Achsen der Kamera (11) und der Feldlinse (4) gebildeten Ebene im Schnitt dargestellt. Der Aufbau weist den Vorteil auf, daß eine mechanische Justierung der Optik-Komponenten weitgehend entfallen kann, da durch Minimierung der Fertigungstoleranzen der wenigen mechanischen Einzelteile der Halterungen eine zwangsläufige paßgenaue Montage der gesamten Vorrichtung erfolgt. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 trägt ein Frontdeckel (30) eine Optikhalterung (40), eine Strahlteilerhalterung (50) und ein Gehäuse (60). Der Frontdeckel (30), die Optikhalterung (40) und die Strahlteilerhalterung (50) sind vorzugsweise Frästeile aus einer Aluminiumlegierung; es ist jedoch auch vorgesehen, die Komponenten (30, 40, 50) aus Kunststoff im Spritzgußverfahren zu fertigen; dabei ist eine höhere Teileintegration als im Beispiel der Fig. 3 vorgesehen.

[0021] Der Frontdeckel (30) weist eine Aufnahme für die Feldlinse (4) auf, wobei die Auflagefläche (31) der Feldlinse genau deren substratseitigen Oberfläche entspricht. Diese Auflagefläche kann in den Frontdeckel (30) gefräst oder an einem Kunststoff-Spritzgußteil einstückig angeformt sein. Es ist vorgesehen, die Feldlinse zur mechanischen Sicherung einzukleben; eine Justage ist nicht erforderlich. Im Frontdeckel (30) sind ferner längs der Längsseite der Feldlinse (4) zwei Kanäle ausgebildet, in denen auf einer Beleuchtungsplatine (34) zwei LED-Zeilen (36, 37) in Form von linear ausgedehnten Lichtquellen angeordnet sind. Die Kanäle sind substratseitig durch Mattscheiben (32, 33) abgeschlossen. Die beiden LED-Zeilen (36, 37) sind für eine achsenferne Dunkelfeldbeleuchtung vorgesehen, bei der der Winkel zwischen der Beleuchtungsachse und der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) größer ist als bei der achsnahen Dunkelfeldbeleuchtung mittels der LED-Zeilen (24) und (25). Die Beleuchtungsplatine (34) ist in einer Ausnehmung der Optikhalterung (40) angeordnet und an dieser durch eine elastische Abstützung gehalten. Der Frontdeckel (30) weist eine Anschlagfläche (35) auf, an der die Optikhalterung (40) mittels geeigneter und in der Fig. 3 nicht dargestellter Paßmittel paßgenau gelagert und durch Befestigungsmittel lösbar gehalten ist.

[0022] Die Optikhalterung (40) weist eine Aufnahme (41) für das Objektiv (12) der Kamera (11) auf. Die nicht dargestellte Kamera ist vorzugsweise auf einer Kameraplatine (14) angeordnet, die einen schematisch dargestellten Kühlkörper (61) tragen kann, der mit der Außenseite des Gehäuses (50) thermisch leitend verbunden ist. Falls die Temperaturverhältnisse am Aufstellungsort eine Kühlung des Kamerachips zur Verringerung des Rauschens notwendig machen sollte, kann die Kühlung von der Außenseite eines

hermetisch und insbesondere staubdicht geschlossenen Gehäuses (60) erfolgen. An der Optikhalterung (40) und an der Strahlteilerhalterung (50) sind Paßmittel vorgesehen, die eine justagefreie Montage ermöglichen. Die Paßmittel sind in der [Fig. 3](#) lediglich schematisch durch einen Stift (51) dargestellt, der Bohrungen in der Optikhalterung (40) und in der Strahlteilerhalterung (50) miteinander paßgenau verbindet. Die mechanische Sicherung erfolgt vorzugsweise durch nicht dargestellte Schrauben. Der Strahlteiler (6) ist auf einer Paßfläche der Strahlteilerhalterung (50) aufgeklebt oder wird durch nicht dargestellte Haltemittel federnd an dieser Paßfläche gehalten.

[0023] In der Strahlteilerhalterung (50) sind Kanäle vorgesehen, welche die Blenden (27, 28) und die Halterung für die Mattscheibe (22) begrenzen. Die LED-Zeilen (24, 25) und die LED (23) sind an einer von der Strahlteilerhalterung (50) gehaltenen Beleuchtungsplatine (21) angeordnet. Auf der der Aufnahme (41) für die Kamera (11) abgewandten Seite des Strahlteilers (6) ist in der Strahlteilerhalterung (50) eine Öffnung vorgesehen, der den von den Lichtquellen (23, 24, 25) ausgehenden und von dem Strahlteiler (6) teilweise reflektierten Lichtbündeln einen ungehinderten Durchgang zu einem am Gehäuse (60) angeordneten Strahlfänger (61) ermöglicht. Der Strahlfänger (61) ist derart ausgelegt, daß von diesem lediglich Licht mit einer sehr geringen Intensität in die in der Aufnahme (41) angeordnete Kamera (11) gelangt. Da die Erfindung vorsieht, den Strahlteiler in einem hermetisch dichten Gehäuse (60) staubfrei zu halten, müssen keine Maßnahmen zur Verhinderung von auf der Rückseite des Strahlteilers durch Verschmutzung hervorgerufenen Streulicht, wie dies in der US4561722A vorgesehen ist, getroffen werden.

[0024] Das Gehäuse (60) weist eine nicht dargestellte elektrische Durchführung auf, die ebenfalls vorzugsweise staubdicht ausgeführt ist. Die Lampen auf den Beleuchtungsplatinen (21, 34) und die Kamera (11) auf der Kameraplatine (14) werden von einer zentralen Steuerung gesteuert, die alle Vorgänge im Zusammenhang mit der Beleuchtung des Untersuchungsbereiches (3) und mit der Aufnahme von Bildern oder Bildfolgen kontrolliert.

[0025] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum optischen Prüfen einer Oberfläche mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß nach Justage des Untersuchungsbereichs bezüglich der Vorrichtung bzw. der Feldlinse (4) ein oder mehrere Aufnahmen mittels der Kamera (11) aufgenommen werden, wobei die Beleuchtungsverhältnisse hinsichtlich der Anordnung der Lichtquellen, der Intensitäts- und/oder der Wellenlängenverteilung räumlich und/oder zeitlich von Aufnahme zu Aufnahme verändert werden, wobei eine Steuerung ein

abgespeichertes Steuerprogramm abarbeitet oder die Beleuchtungs- und Kameraeinstellungen aus einer von einer Bedienperson ausgewählten Wertetabelle (look-up table) entnimmt. Abhängig von der jeweiligen Meßaufgabe kann der Fall vorkommen, daß bei allen möglichen Beleuchtungsvarianten lediglich nur ein Teil des Untersuchungsbereiches derart ausgeleuchtet wird, daß ein für die Meßaufgabe erforderliches Signal-/Rausch-Verhältnis und hohe Ortsfrequenzen erzielt werden. In einem solchen Fall wird eine Reihe von Aufnahmen mit unterschiedlichen Beleuchtungsvarianten aufgenommen und bei der Auswertung der Bilder würden jeweils nur die auswertbaren Bildteile herausgefiltert und zu einem Gesamtbild des Untersuchungsbereiches (3) zusammen gesetzt werden. Dieses derart aus Einzelbildteilen zusammengesetzte Gesamtbild kann je nach Meßaufgabe mit einem Bildverarbeitungsprogramm zur Textur- und/oder Zeichenerkennung bearbeitet werden.

[0026] Es ist vorgesehen, daß die Steuerung von dem Bildverarbeitungsrechner ein Signal erhält, wenn die Meßaufgabe erfolgreich beendet wurde, beziehungsweise wenn bestimmte Zeichen nicht eindeutig erkannt werden konnten. Im letzteren Fall könnte dann in der Steuerung vorgesehen sein, daß die Meßaufgabe mit verändertem Beleuchtungs- und Aufnahmeprogramm wiederholt wird bis alle Zeichen sicher erkannt oder ein oder mehrere Zeichen als "nicht-erkennbar" eingestuft worden sind.

[0027] Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zum Prüfen einer Oberfläche sieht vor, daß für jeweils unterschiedliche räumliche Anordnungen von Lichtquellen in der Fokalebene (20) der Feldlinse (4) mittels der Kamera (11) eine Reihe von Aufnahmen aufgenommen werden und diese hinsichtlich der Gesamthelligkeit analysiert werden. Bei Vorliegen einer spiegelnden Oberfläche (2) des Substrates (1) wird die dem hellsten Bild zugeordnete Anordnung von Lichtquellen in der Fokalebene (20) als "Hellfeldbeleuchtung" festgelegt. Die zu dieser Hellfeldbeleuchtung gehörige Dunkelfeldbeleuchtung setzt sich aus einer Anordnung von Lichtquellen zusammen, die wenigstens die Lichtquellen der Hellfeldbeleuchtung nicht enthält. Zur Durchführung des Verfahrens wird eine aus vielen einzeln ansteuerbaren Lichtquellen bestehende Lichtquelle verwendet. Bei dieser Lichtquelle kann es sich um eine Anordnung einer Vielzahl von LEDs, um ein von einer einzelnen Lichtquelle beleuchtetes, ansteuerbares Mikrospiegelarray oder eine elektrooptische Lichtschaltvorrichtung, beispielsweise ein ansteuerbares und rückseitig beleuchtetes LCD-Diapositiv handeln.

Bezugszeichenliste

1	Substrat
2	Oberfläche
3	Untersuchungsbereich
4	Feldlinse
5	optische Achse
6	Strahlteiler
7	durchlässig verspiegelte Oberfläche
10	Fokalebene der Feldlinse
11	Kamera
12	Objektiv
13	Eintrittspupille
14	Kameraplatine
20	Fokalebene der Feldlinse
21	Beleuchtungsplatine
22	Mattscheibe
23	LED
24	LED-Zeile
25	LED-Zeile
26	Blende
27	Blende
30	Frontdeckel
31	Auflagefläche
32	Mattscheibe
33	Mattscheibe
34	Beleuchtungsplatine
35	Anschlagfläche
36	LED-Zeile
37	LED-Zeile
40	Optikhalterung
41	Aufnahme
50	Strahlteilerhalterung
51	Stift
60	Gehäuse
61	Strahlfänger
62	Kühlkörper

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereiches (3) einer spiegelnden oder diffus reflektierenden Oberfläche (2),

- mit wenigstens einer Lichtquelle zur Hellfeldbeleuchtung, die mittels eines telezentrischen Strahlengangs auf den Untersuchungsbereich (3) abgebildet wird,
- mit einer elektronischen Kamera (11) mit einem Objektiv (12), welche einen Teil des von der Oberfläche (2) im Untersuchungsbereich (3) emittierten Lichts über einen telezentrischen Strahlengang aufnimmt und die gewonnenen Bilder an eine Auswerteeinrichtung übermittelt, und
- mit einer elektronischen Steuerung zur Steuerung der Beleuchtung des Untersuchungsbereiches (3) und zur Steuerung der Funktionen der Kamera (11), **dadurch gekennzeichnet**, daß der kamera- und beleuchtungsseitige Strahlengang eine asphärische Feldlinse (4) aufweist, deren Brennweite kleiner ist

als das Zweifache der maximalen Ausdehnung des Untersuchungsbereiches (3) und deren Projektionsfläche auf der zu untersuchenden Oberfläche (2) den Untersuchungsbereich (3) wenigstens gerade überdeckt, wobei der Untersuchungsbereich (3) über einen unter 45 Grad zur optischen Achse (5) der Feldlinse (4) angeordneten Strahlteiler (6) in die Eintrittspupille (13) des Objektivs (12) der Kamera (11) abgebildet wird und in der von der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) durchstoßenen Fokalebene (20) der Feldlinse (4) eine nicht-punktförmige Lichtquelle angeordnet ist, deren minimale Ausdehnung in der Fokalebene (20) dem zwei- bis 10-fachen Durchmesser der Eintrittspupille (13) des Objektivs (12) der Kamera (11) entspricht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die nicht-punktförmige Lichtquelle aus einer in der Fokalebene (20) symmetrisch zur optischen Achse (5) der Feldlinse (4) angeordneten Mattscheibe (22) gebildet wird, welche von einer bezüglich der Feldlinse (4) hinter der Fokalebene (20) angeordneten Lampe beleuchtet wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe aus wenigstens einer lichtemittierenden Halbleiterdiode (LED, 23) gebildet wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe aus drei LEDs gebildet wird, die jeweils Licht im roten, grünen und blauen Wellenlängenbereich emittieren und von der Steuerung derart einzeln ansteuerbar sind, daß verschiedene Lichtfarben durch additive Farbmischung erzeugbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Beleuchtungsseite der Feldlinse (4) wenigstens eine weitere Lichtquelle in Form einer LED-Zeile (24, 25) nahe der optischen Achse (5) der Feldlinse (4) angeordnet ist, wobei jede Lichtquelle von der Feldlinse (4) aus gesehen um wenigstens 15% der Brennweite der Feldlinse (4) hinter der Fokalebene (20) der Feldlinse (4) liegt und daß diese Lichtquelle durch eine Steuerung ansteuerbar ist und wahlweise alleine oder zusammen mit der Lichtquelle der Hellfeldbeleuchtung betreibbar ist.

6. Verfahren zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereiches (3) einer spiegelnden oder diffus reflektierenden Oberfläche (2) unter Verwendung einer Vorrichtung

- mit einer Vielzahl von identischen Lichtquellen in der Fokalebene (20) einer Feldlinse (4), die mittels eines telezentrischen Strahlengangs auf den Untersuchungsbereich (3) abgebildet werden,
- mit einer elektronischen Kamera (11) mit einem Objektiv (12), welche einen Teil des von der Oberfläche

(2) im Untersuchungsbereich (3) emittierten Lichts über den telezentrischen Strahlengang und einen Strahlteiler (6) aufnimmt und die gewonnenen Bilder an eine Auswerteeinrichtung übermittelt, und

- mit einer elektronischen Steuerung zur Ansteuerung der Lichtquellen in der Fokalebene (20) der Feldlinse (4) und zur Steuerung der Funktionen der Kamera (11), und

- mit einer Bildspeicher- und Auswerteschaltung, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Anfertigung einer Aufnahmeserie und Abspeichern der Aufnahmen in einem Bildspeicher, wobei jede Aufnahme durch Beleuchtung mit einer Gruppe aus einer festen Anzahl von einzelnen, benachbarten Lichtquellen aus der Vielzahl von Lichtquellen charakterisiert ist, und wobei die Lichtquellen einzeln nacheinander ein- und ausgeschaltet werden,

- Auswertung der Einzelaufnahmen in der Bildspeicher- und Auswerteschaltung dahin gehend, daß die Aufnahme mit der größten mittleren Helligkeit und die zugehörige Lichtquellengruppe für die Untersuchungssituation als zentrale Hellfeldlichtquelle definiert wird,

- Einteilung der Gruppen von Lichtquellen in Hellfeldlichtquellen, die wenigstens die zentrale Hellfeldlichtquelle und wahlweise die unmittelbar benachbarten Lichtquellen umfassen, und in Dunkelfeldlichtquellen, die in einem Abstand von wenigstens einer Lichtquelle um die Hellfeldlichtquellen angeordnet sind,

- Aufnahme einer Reihe von Aufnahmen des Untersuchungsbereiches (3), wobei die jeweilige Beleuchtungssituation für eine Aufnahme von einer reinen Hellfeldbeleuchtung über eine kombinierte Hellfeld-/Dunkelfeldbeleuchtung zu einer reinen Dunkelfeldbeleuchtung variiert wird,

- Auswertung der Aufnahmen des Untersuchungsbereiches 3 mit einem Programm zur automatisierten Erfüllung der Prüfaufgabe.

7. Verfahren zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereiches (3) einer spiegelnden oder diffus reflektierenden Oberfläche (2) unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–5,

gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Anfertigung einer Aufnahmeserie und Abspeichern der Aufnahmen in einem Bildspeicher, wobei jede Aufnahme durch unterschiedlich intensive Beleuchtung mit der nicht-punktförmigen Lichtquelle charakterisiert ist,

- Auswertung der Einzelaufnahmen in der Bildspeicher- und Auswerteschaltung dahin gehend, daß aus den Aufnahmen jeweils diejenigen Teile der Abbildung des Untersuchungsbereiches (3) zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden, die im Hinblick auf Kontrast und Helligkeit eine ausreichende Bildqualität aufweisen und daß die Bildteile zu einem einzigen auswertbaren Bild zusammengesetzt werden, und

- Auswertung des zusammen gesetzten Bildes des Untersuchungsbereiches (3) mit einem Programm

zur automatisierten Erfüllung der Prüfaufgabe.

8. Verfahren zum optischen Prüfen eines im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereiches (3) einer spiegelnden oder diffus reflektierenden Oberfläche (2) unter Verwendung einer Vorrichtung nach Anspruch 5,

gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- Anfertigung einer Aufnahmeserie und Abspeichern der Aufnahmen in einem Bildspeicher, wobei jede Aufnahme durch Beleuchtung des Untersuchungsbereiches mit der LED (23) für die nicht-punktförmige Lichtquelle und den LED-Zeilen (24, 25) und für durch ein jeweils unterschiedliches Verhältnis der Intensitäten der LED (23) zu der Intensität der LED-Zeilen (24, 25) charakterisiert ist.

- Auswertung der Einzelaufnahmen in der Bildspeicher- und Auswerteschaltung dahin gehend, daß aus den Aufnahmen jeweils diejenigen Teile der Abbildung des Untersuchungsbereiches (3) zur Weiterverarbeitung ausgewählt werden, die im Hinblick auf Kontrast und Helligkeit eine ausreichende Bildqualität aufweisen, und daß die Bildteile zu einem einzigen auswertbaren Bild zusammengesetzt werden,

- Auswertung des zusammen gesetzten Bildes des Untersuchungsbereiches (3) mit einem Programm zur automatisierten Erfüllung der Prüfaufgabe.

9. Verfahren zur Justierung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3–5, dadurch gekennzeichnet, daß zur mechanischen Justierung der Vorrichtung in Bezug auf den im wesentlichen rechteckigen Untersuchungsbereich (3) die Intensität der LED (23) für die nicht-punktförmige Lichtquelle auf den höchst zulässigen Wert eingestellt wird und der Benutzer die Vorrichtung unter optischer Kontrolle derart einrichtet, daß der durch die LED hell erleuchtete Bereich auf der Oberfläche (2) den Untersuchungsbereich umschließt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

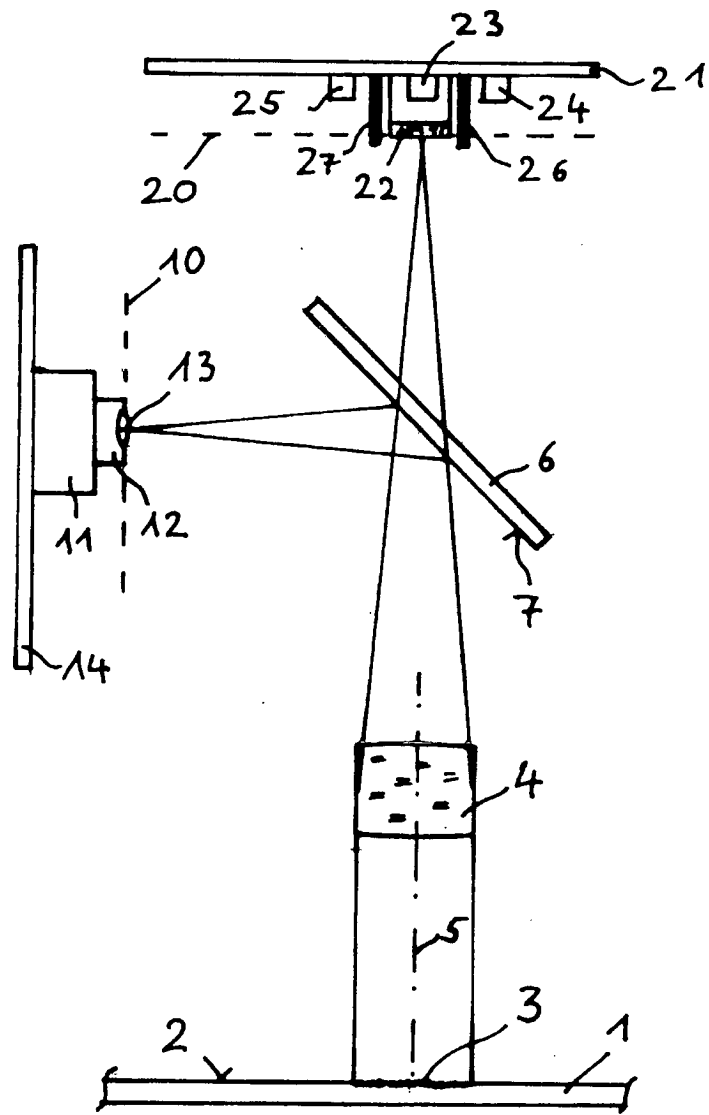


Fig. 1

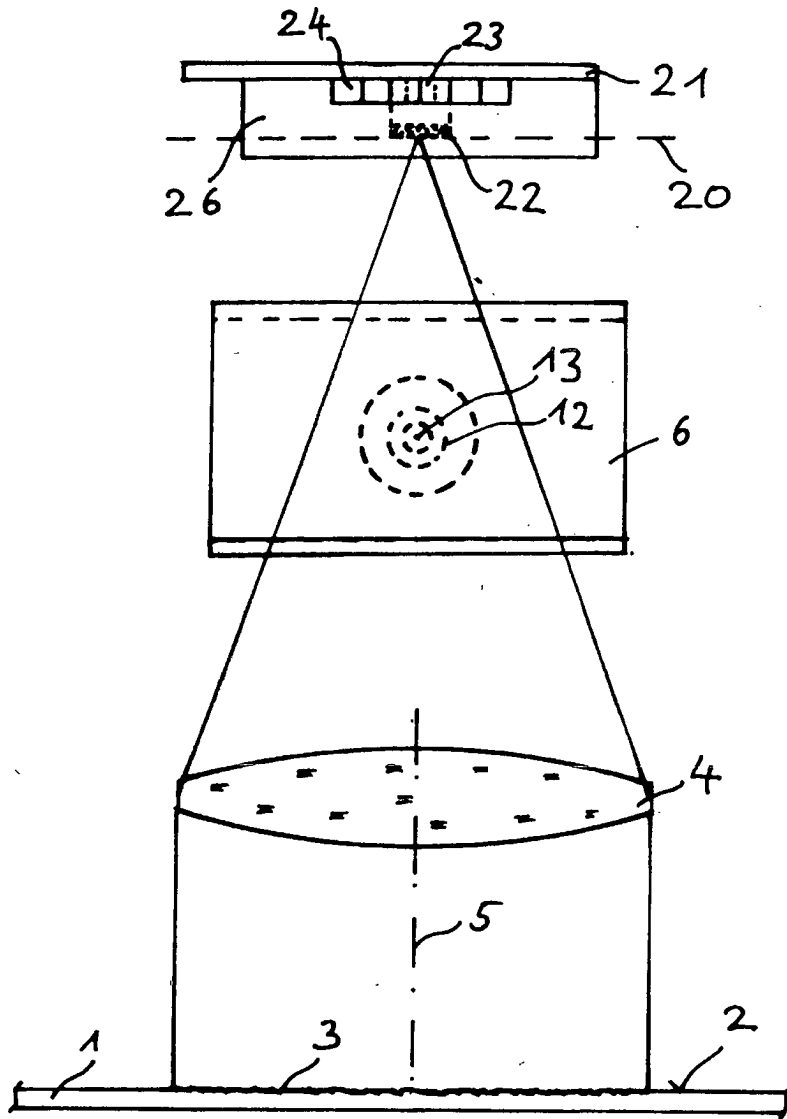


Fig. 2

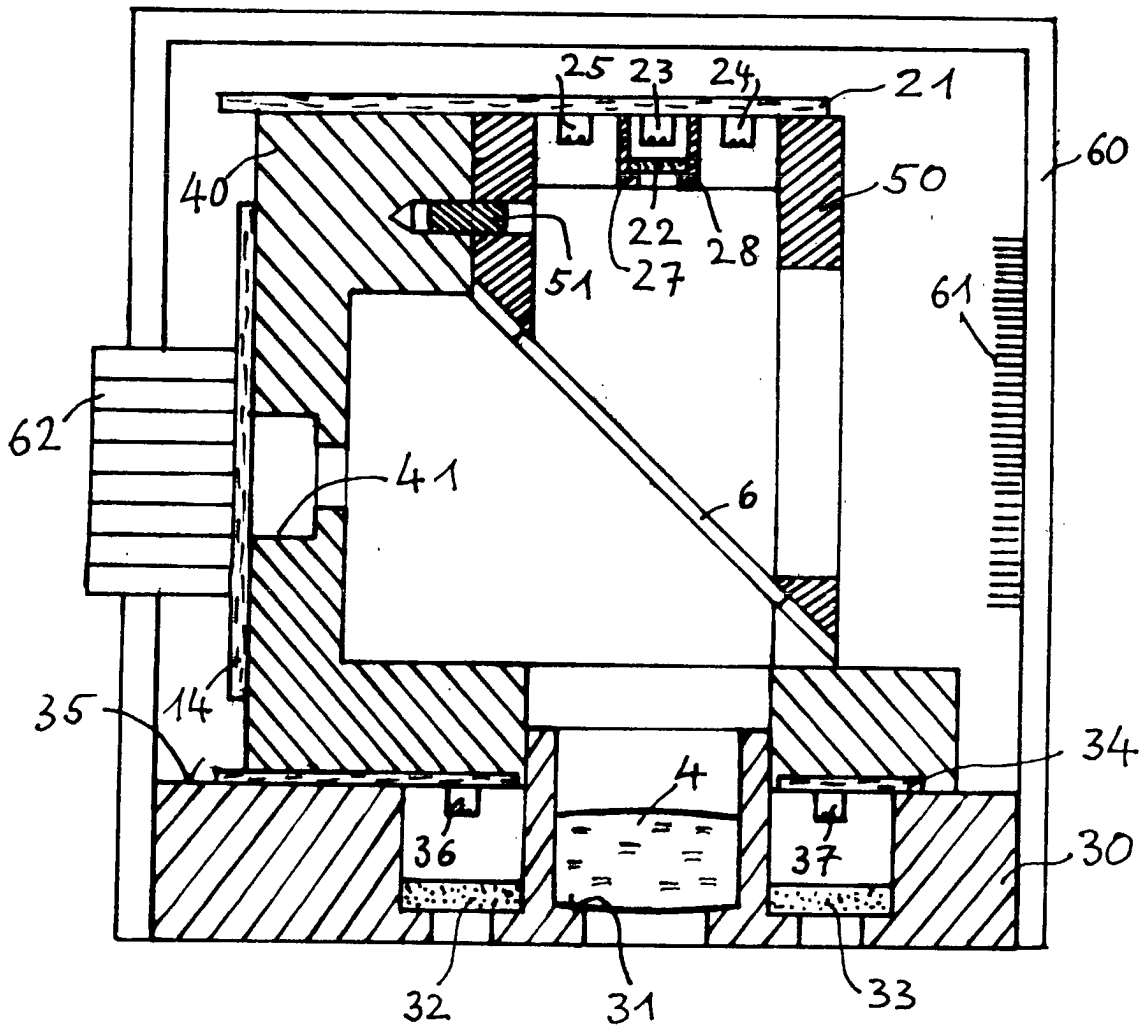


Fig. 3