



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 09 285 T2** 2005.02.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 183 499 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G01B 11/24**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 09 285.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/CA00/00646**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 936 578.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/73737**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.06.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **07.12.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **24.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.02.2005**

(30) Unionspriorität:

323019 01.06.1999 US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(73) Patentinhaber:

**National Research Council of Canada, Ottawa,
Ontario, CA**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

GODIN, Guy D., Ottawa, CA

(54) Bezeichnung: **OPTISCHE DREIDIMENSIONALABTASTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft das Gebiet der Optik und genauer ein Verfahren zum Erstellen von Farb- und Profilmessungen auf dreidimensionalen Flächen.

[0002] Es gibt viele Situationen, in denen es nützlich ist, eine hohe Auflösung für Farb- und Profildaten zu haben, welche dreidimensionale Objekte darstellen. Zum Beispiel ist es oftmals wünschenswert, virtuelle Modelle physikalischer Objekte in einem Computer zu erzeugen, um mathematische Analyse durchzuführen. Solche Daten können auch beispielsweise für Personen nützlich sein, die Kunstgegenstände katalogisieren und authentifizieren.

[0003] Eine Technik, solche Messungen durchzuführen, wird mit dem Laserbereichssensor in dem National Research Council of Canada eingesetzt. Dieser umfasst eine Vorrichtung zum Abtasten einer Oberfläche mit einem einfallenden Laserbündel, um ein reflektiertes Bündel zu bilden, das auf eine lineare Anordnung lichtempfindlicher Sensoren gerichtet wird, typischerweise eine CCD (Charge Coupled Device; ladungsgekoppelte Vorrichtung). In der monochromatischen Version gibt die relative Position des reflektierten Bündels auf der Sensoranordnung, wenn der einfallende Strahl über die Zieloberfläche abgetastet wird, Profillinformation durch Triangulation. Die Menge an Licht, die an die Sensoranordnung zurückgegeben wird, kann auch gemessen werden und benutzt werden, das Reflexionsvermögen der Zieloberfläche abzuschätzen. In der polychromatischen Version wird Farbinformation zusätzlich zu Profillinformation erhalten, indem ein polychromatischer Laser benutzt wird und das reflektierte Licht in die drei Wellenlängen-Komponenten aufgespalten wird und diese an unterschiedlichen Orten auf der CCD-Anordnung abgebildet werden. Das Ausgangssignal der CCD-Anordnung wird Peaks enthalten, die dem Bild des Punktes für jede Laserwellenlänge entsprechen. Die Position der Zieloberfläche kann durch Triangulation erhalten werden, wobei angenommen wird, dass die Identität jedes Peaks, das heißt, seine ursprüngliche Wellenlänge, bekannt ist. Die Menge an Licht, die an den Sensor für jede Wellenlänge zurückgegeben wird, kann aus der Form des Peaks berechnet werden. Die Intensität der Hauptwellenlängen auf der Sensoranordnung erlaubt es, dass die Farbe der Fläche berechnet wird, wobei die Menge jeder Wellenlänge, die in dem reflektierten Strahl vorliegt, bekannt ist. Eine solche Technik ist beispielsweise in der US-A 5 177 556 beschrieben.

[0004] Ein bedeutsamer Nachteil dieses Verfahrens ist sein Unvermögen, die ursprüngliche Wellenlänge eines Peaks auf der CCD zu identifizieren, wenn nur eine Wellenlänge reflektiert wird, so dass verhindert wird, dass das Profil in einem Punkt abgeschätzt

wird. Eine falsche Identifizierung der Wellenlänge führt zu einem starken Fehler bei der Abschätzung der Tiefe ebenso wie bei der Farb-Messung.

[0005] Eine weitere bekannte Technik für die Farbmessung benutzt eine lichtempfindliche Hilfszelle, die auf jede der drei Wellenlängen antwortet, um einen Teil des Lichtes zu analysieren, welches zu dem Sensor zurückgegeben worden ist, um die Farb-Information herauszuziehen. Dieses Verfahren ergibt eine eindeutige Messung, verliert jedoch einen der Vorteile der ersten Technik, der darin besteht, dass die Dichte der zurückgegebenen Intensität genau auf den identifizierten Peak beschränkt werden kann, der dem Teil des Oberflächenprofils entspricht, welcher von dem Laserfleck beleuchtet wird. Die Photodetektoren sind für das gesamte momentane Sichtfeld empfindlich und können durch Umgebungslicht oder Mehrfachreflexionen leicht verfälscht werden. Umgebungslicht außerhalb der Wellenlänge des Lasers kann mit Hilfe von Filtern ausgeschaltet werden. Jedoch verbleibt die Restbeleuchtung (abhängig von dem spektralen Gehalt des Umgebungslichtes) oder indirekte Reflexionen von der Laserquelle, die von woanders her kommen als der Oberfläche, die von dem Lichtfleck beleuchtet worden ist, können auch die Messungen beeinflussen. Ein solches Verfahren ist in der US-A-5 708 498 offenbart.

[0006] In der zuerst beschriebenen Technik stellt der Sensor Tiefen- und Farbinformation mit einer ähnlichen Geschwindigkeit zur Verfügung, da die Tiefe aus der Position eines oder einer Kombination der Peaks bestimmt wird, die auf der CCD abgebildet werden, und die Farbe wird aus der Amplitude jeder Peakverteilung abgeleitet. Bei jedem Messzyklus wird das Signal, das von der CCD erzeugt wird, analysiert, um Position und Amplitude der Peaks herauszuziehen.

[0007] Ein noch weiterer Nachteil ist es, dass das Gewinnen dreidimensionaler Daten in Bereichen, in denen sich das Reflexionsvermögen plötzlich ändert, zu Fehlern in den Messungen der Profile führt.

[0008] Eine wohlbekannte Schwierigkeit, die allen auf Triangulation basierenden Laserabtastsystemen gemeinsam ist, ist es, dass es wahrscheinlich ist, dass plötzliche Änderungen in der Reflexion der gemessenen Oberfläche Fehler bei der Messung der Profile hervorrufen. Dies tritt auf, da die Messung aus der Abbildung einer endlichen Fläche abgeleitet wird, die von dem Laser beleuchtet wird. Wenn die darunterliegende Fläche eine Änderung im Reflexionsvermögen zeigt, dann wird das Bild des Fleckes im Vergleich zu einer gleichförmigen Oberfläche verzerrt werden. Die Positionsmessung auf der CCD kann beeinflusst werden und zu einer Vorbelastung beim Einschätzen der Form des Profils führen.

[0009] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die zuvor genannten Nachteile des Standes der Technik abzumildern.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Ermittlung eines Profils einer Zielfläche zur Verfügung gestellt, das die Schritte Abtasten der Zielfläche mit einem einfallenden Lichtbündel; Bilden eines von der Zielfläche reflektierten Lichtbündels; Richten des reflektierten Lichtbündels auf ein Sensorfeld, um ein Intensitätsprofilsignal zu erzeugen; Abtasten des Intensitätsprofilsignals mit einer ersten Abtastfrequenz f_c , um eine erste Menge von Datenpunkten zu liefern, die die Intensitätsverteilung im Sensorfeld in jedem Abtastintervall darstellen; und Richten eines Teils des reflektierten Lichtbündels auf einen Photodetektor, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das die Intensität des reflektierten Lichtbündels darstellt, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgangssignal mit einer zweiten Abtastfrequenz f_p abgetastet wird, die höher als und ein ganzzahliges Vielfaches der ersten Abtastfrequenz f_c und synchron mit ihr ist, um eine zweite Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensität in jedem Abtastintervall bei der zweiten Abtastfrequenz darstellen, wobei die zweite Menge von Datenpunkten zusätzliche Information über das Aussehen der Fläche in jedem Abtastintervall bei der ersten Abtastfrequenz von höherer Auflösung als die erste Menge von Datenpunkten liefert, und eine dritte, die relative Lage des reflektierten Lichtbündels im Sensorfeld, während das Lichtbündel die Fläche abtastet, darstellenden Menge von Datenpunkten aus der ersten Menge von Datenpunkten und der zweiten Menge von Datenpunkten erzeugt.

[0011] Das vorgeschlagene Verfahren kann verwendet werden, um die Auflösung eines monochromen Systems zu verbessern, indem ermöglicht wird, dass die Oberflächentextur, d.h. Farbe oder Intensität, mit einer höheren Auflösung festgelegt werden kann, als es mit der Sensoranordnung allein ermöglicht wird. Bei einer Ausführungsform stellt die Erfindung ein Hybridsystem zur Verfügung, das sowohl farbgetrennte Peakmessungen auf der CCD als auch eine Hilfsmessung mit einer lichtempfindlichen Zelle zur Verfügung stellt. Anders als im Stand der Technik sind die Vorteile der Farbmessung, die mit der Sensoranordnung erhältlich sind, beibehalten, während der Hilfs-Photodetektor hauptsächlich dazu dient, Mehrdeutigkeiten bei den genauen Messungen aufzulösen, die von der CCD-Anordnung erhalten worden sind. Der Photodetektor tastet mit einer höheren Geschwindigkeit ab als die CCD, aus Gründen, die in weiteren Einzelheiten hiernach erläutert werden.

[0012] Der hervorstechendste Vorteil einer solchen Konfiguration ist es, dass sie es erlaubt, dass die Oberflächenfarbe bestimmt wird, wenn beispielsweise nur eine einzelne reflektierte Wellenlänge vorliegt.

Die lichtempfindliche Zelle, obwohl sie von anderen Lichtquellen als dem Bereich, der von dem Laserfleck ausgeleuchtet worden ist, beeinflusst wird, wird eine Messung ergeben, die von einer oder mehreren Wellenlängen dominiert wird, welche auf der Oberfläche vorliegen, die direkt ausgeleuchtet ist, und wird daher die Identifikation des Wellenlängenbündels erlauben, welches die CCD beleuchtet, wenn nur ein Bündel vorliegt. In diesem Fall wird die Farbmessung von der CCD in genau derselben Weise wie bei dem Stand der Technik ausgeführt, und die Hilfsmessungen dienen hauptsächlich dazu, Mehrdeutigkeiten aufzulösen.

[0013] Bei dem Verfahren gemäß der Erfindung sollte die lichtempfindliche Zelle mit einer Frequenz f_p abgetastet werden, welche ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz f_c des Auslesens eines gesamten Intensitätsprofils von der Sensoranordnung ist.

[0014] Jede Profilmessung ist das Zeitintegral der Reflexion von der Oberfläche über einen Zyklus der ersten Abtastrate auf der CCD. Im Prinzip sollte die Summe, geeignet normiert, der überprüften Messungen der Intensität entsprechen, die von der CCD in einem einzelnen Zyklus gemessen worden ist. Diese Summe kann dazu dienen, die Mehrdeutigkeiten in der oben angegebenen Weise aufzulösen. Darüberhinaus geben überprüfte (oversampled) Messungen eine räumliche Verteilung der Auflösung der Oberflächentextur besser als die Profilmessung in der Richtung des Abtastens.

[0015] Das Überprüfen (oversampling) der Intensitätsmessungen kann auch benutzt werden, um Anomalitäten zu korrigieren, die durch Diskontinuitäten im Reflexionsvermögen der Oberfläche hervorgerufen werden. Wenn man eine Messung der Zeitverteilung der Reflexion während eines Zyklus der Oberflächenpunktmessung hat, ist es möglich, solche Diskontinuitäten in dem Teil der beleuchteten Fläche zu erfassen, während der Messung eines einzelnen Punktes, aus der Verteilung der Messungen in den überprüften Messungen. Es ist somit möglich, wenigstens teilweise den Effekt aus der abgeschätzten Messung zu kompensieren.

[0016] Es sollte angemerkt werden, dass die beiden letzten Vorteile, die zu dem Einsatz des Überprüfens in bezug stehen, sowohl für monochrome als auch für Farbmessungen vorliegen und nicht nur auf das oben vorgeschlagene Hybridsystem anwendbar sind, sondern auch auf Systeme, die nur einen Photodetektor benutzen, der für die unterschiedlichen Wellenlängen empfindlich ist, so wie der, der in der US-A-5 708 498 beschrieben ist.

[0017] Die Erfindung erlaubt es auch, dass die Mehrdeutigkeit in der Wellenlänge aufgelöst wird, wenn nur ein einziger Peak vorliegt. Das Verfahren

löst dieses Problem durch den Zusatz einer lichtempfindlichen Zelle. Dieses spricht ein sehr wichtiges Problem an, welches den Einsatz der farbgetrennten Peaktechnologie begrenzt. Die Kombination dieser Technik mit dem Überprüfungsprinzip öffnet auch die Tür der Möglichkeit des Messens von Farbe mit einer Auflösung, die größer ist als die des Profils, was beim Modellieren und Erzeugen von Form- und Farbmodellen zu Zwecken der Anzeige interessant sein könnte, wo die Texturdichte, die erforderlich ist, im allgemeinen größer ist als die Anforderungen bei der geometrischen Messung. Darüberhinaus ist es wegen der überprüften Intensitäten möglich, bekannte Fehler zu korrigieren, die aus Diskontinuitäten in der Intensität herrühren.

[0018] Die Erfindung stellt weiterhin eine Vorrichtung zur Ermittlung des Profils einer Zielfläche zur Verfügung, welche eine Lichtquelle zum Abtasten der Zielfläche mit einem einfallenden Lichtbündel, eine Linse zum Bilden eines von der Zielfläche reflektierten Lichtbündels; ein Sensorfeld zum Abtasten des reflektierten Lichtbündels und zum Erzeugen eines Intensitätsprofils, um die Ermittlung der Lagen des reflektierten Lichtbündels zu ermöglichen, während sich das einfallende Lichtbündel über die Zielfläche bewegt; und einen Photodetektor zum Empfang eines Teils des reflektierten Lichtbündels zum Erzeugen eines Ausgangssignals aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner Mittel zum Abtasten des Intensitätsprofilsignals mit einer ersten Abtastfrequenz f_c umfasst, um eine erste Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensitätsverteilung im Sensorfeld in jedem Abtastintervall darstellen, Mittel zum Abtasten des Ausgangssignals mit einer zweiten Abtastfrequenz f_p , die höher als und ein ganzzahliges Vielfaches der ersten Abtastfrequenz f_2 und synchron mit ihr ist, um eine zweite Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensitätsverteilung in jedem Abtastintervall bei der zweiten Abtastfrequenz darstellen, sowie Mittel zum Ableiten, aus der ersten Menge von Datenpunkten und der zweiten Menge von Datenpunkten, einer dritten Menge von Datenpunkten, die die relative Lage des reflektierten Lichtbündels im Sensorfeld darstellt, während das Lichtbündel die Fläche abtastet, wobei die ableitenden Mittel so ausgeführt sind, dass sie die zweite Menge von Datenpunkten verwenden, um zusätzliche Information höherer Auflösung über das Aussehen der Fläche innerhalb jeder Abtastperiode mit der ersten Abtastfrequenz zu liefern.

[0019] Die Erfindung wird nun in weiteren Einzelheiten, lediglich beispielhaft, mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden, wobei:

[0020] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Farbmeßsystems gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0021] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Farbmeßsystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0022] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Farbmeßsystems gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0023] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Farbmeßsystems gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0024] Fig. 5 das Intensitätsprofil einer CCD-Anordnungsausgabe in einer Abtastperiode zeigt;

[0025] Fig. 6 einen Laserfleck zeigt, welcher eine Zielfläche abtastet;

[0026] Fig. 7 die Änderung im Intensitätsprofil zeigt, die durch Oberflächenartefakte hervorgerufen ist; und

[0027] Fig. 8 die Einzelheiten eines Photodetektors mit der Fähigkeit, unterschiedliche Wellenlängen zu trennen, zeigt.

[0028] Mit Bezug nun auf Fig. 1 wird eine Fläche, für die die Farbe und das Profil ausgemessen werden sollen, mit **10** identifiziert. Diese wird typischerweise die konturierte Fläche eines dreidimensionalen Objektes sein, für die Profil- und Farbdaten gewonnen werden sollen. Ein polychromatisches Laserlicht **12** (zum Beispiel aus rotem, grünem und blauem Licht bestehend) richtet ein polychromatisches Lichtbündel **14** auf einen Fleck **16** auf der Fläche **10** über Winkelspiegel **18**, **20**. Der Spiegel **18** oszilliert, damit bewirkt wird, dass das Bündel **14** die Fläche **10** abtastet. Der Spiegel **20** ist fest.

[0029] Das reflektierte Bündel **22** kehrt über den festen Winkelspiegel **24** die Rückseite des oszillierenden Spiegels **18** und über die Sammellinse **26** zurück. Nachdem es durch die Sammellinse **26** gelaufen ist, trifft das reflektierte Bündel auf einen teilweise reflektierenden Spiegel **28**, welcher einen ersten Teil des reflektierten Bündels **30** auf den lichtempfindlichen Detektor **31** richtet, der die Fähigkeit hat, die Menge an reflektiertem Licht jeder Wellenlänge, die in dem einfallenden Bündel vorliegt, zu messen, und einen zweiten Teil **32** über einen Wellenlängentrenner **34**, zum Beispiel ein Prisma, auf die schrägliegende CCD-Anordnung **36**.

[0030] Der gemeinsame Spiegel **18** bewirkt, dass sich das reflektierte Bündel **22** synchron bewegt, wenn sich das einfallende Bündel **14** über die Fläche **10** bewegt. Wenn die Position des beleuchteten Fleckes **16** auf der Fläche **10** sich relativ zu dem System ändert, übersetzt sich dies in eine Verlagerung der Unterbündel auf der Fläche der CCD-Anordnung **36**. Die Position irgendeines dieser Signale, zusammen

mit dem Drehwinkel des Spiegels **18**, gibt die Position des Punktes **16** auf der Fläche **10** an, die von dem Bündel beleuchtet wird, wobei Triangulationstechniken benutzt werden. Die Profilinformaton wird aus einer oder einer Kombination der Unterbündel abgeleitet. Die Wellenlängenidentität des Unterbündels muss bekannt sein, um genau die Profilinformaton zu liefern. Die bekannte Verlagerung ermöglicht es, dass die Höhe des Profils unter Verwendung von Triangulationstechniken berechnet wird. Das dreidimensionale Meßsystem arbeitet im allgemeinen in der Weise, wie es in der US-A-5 708 498 beschrieben ist.

[0031] Die Intensitäten der jeweiligen Bündel, wenn angenommen wird, dass mehr als eines vorliegt, ermöglichen es, dass Farbinformation über die Fläche mit einem höheren Grad an Präzision abgeleitet wird. Im Stand der Technik, wenn nur ein Bündel vorliegt, ist es nicht möglich, Farb- und Positionsinformation herauszuziehen, da es keine Möglichkeit für das System gibt, zu identifizieren, welcher Strahl vorliegt. Wenn zwei Bündel vorliegen, kann es möglich sein oder nicht, abhängig von den Umständen. Jedoch kann der Photodetektor **31** eine Messung der Intensität des zurückgeführten Lichtes in den drei Wellenlängen **31R**, **31G**, **31B** zur Verfügung stellen, die benutzt werden kann, um die ursprüngliche Wellenlänge eines Peaks zu identifizieren, wenn weniger als drei vorliegen, indem die Messungen, die von dem Photodetektor **31** erhalten worden sind, und die Peaks auf der CCD **36** verglichen werden.

[0032] Fig. 2 zeigt eine Anordnung ähnlich der der Fig. 1, mit der Ausnahme, dass die Photodiode **31** einen reflektierten Strahl direkt von der Oberfläche **10** durch die Sammellinse **40** empfängt. Der Photodetektor **31** nutzt nicht mehr die gleiche Optik wie die CCD **36**.

[0033] In Fig. 3 erhält der Photodetektor **31** das Licht, das von der Oberfläche der CCD-Anordnung **36** reflektiert worden ist, in einer solchen Weise, dass die getrennten Wellenlängen in ein einziges zusammengesetztes Bündel im Photodetektor **31** kombiniert werden.

[0034] Fig. 4 zeigt eine Anordnung ähnlich der der Fig. 3, wobei jedoch mehr als ein Photodetektor verwendet wird, um reflektiertes Licht in unterschiedlichen Richtungen zu messen.

[0035] Der Photodetektor **31** erzeugt Ausgangssignale, welche die Intensitäten der unterschiedlichen Komponenten der Wellenlängen des reflektierten Bündels darstellen. Da jedoch der Photodetektor **31** Licht über ein weiteres Sichtfeld integriert als die CCD-Anordnung, wird er durch Umgebungslicht mehr beeinflusst und auch von Reflexionen von anderen Teilen der Zielfläche, insbesondere wenn sie

eine hochprofilierte Oberfläche hat. Somit, gemäß einem Aspekt der Erfindung, werden die Ausgaben des Photodetektors **31** hauptsächlich nicht dazu benutzt, Farbinformation direkt abzuleiten, jedoch vorrangig, um potentielle Mehrdeutigkeiten in dem genaueren Ausgang der CCD-Anordnung **36** aufzulösen. Somit, wenn beispielsweise nur ein Bündel, erzeugt durch eine Oberflächenreflexion nur der blauen Wellenlänge, an der CCD-Anordnung **36** vorliegt, wird der Photodetektor **31** ein Signal mit einer starken blauen Komponente ausgeben, die nichtsdestotrotz mit Umgebungslicht verunreinigt sein kann. Das reflektierte Bündel wird als rein blau in diesem Beispiel korrekt identifiziert.

[0036] Die Ausgaben der CCD-Anordnung **36** und des Photodetektors **31** werden in Wirklichkeit digital in einem Computer verarbeitet. Die CCD-Anordnung ist eine lineare monochrome Anordnung. Wenn das reflektierte Bündel darauf auftrifft, erzeugt es ein Ausgangssignal, wie es in Fig. 5 gezeigt ist, welches die Intensitätsverteilung entlang der Anordnung zeigt. Die Peaks stellen die drei roten, grünen und blauen Unterbündel dar. Die Position irgendeines dieser auf der Anordnung ergibt den Bereich zum Ziel und ihre relative Intensität ergibt die Farbe der Zielfläche. Das Intensitätsprofil wird tatsächlich durch eine Serie von digitalen Datenpunkten dargestellt, welche die Intensität an jedem Bildelement der CCD darstellen.

[0037] Die gesamte CCD-Anordnung wird mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit ausgelesen, typischerweise 10 kHz, d.h. 10.000 Zeitschlitze mit 0.1 msec während jeder Abtastung. In jedem Zeitschlitz bestimmt ein Computer die Positionen und Amplituden der Peaks und hält Datenpunkte, die diesen entsprechen.

[0038] In der tatsächlichen Praxis, wie in Fig. 6 gezeigt, wegen der endlichen Länge eines Zeitschlitzes, bewegt sich der Laserfleck um eine Entfernung $\Delta 1$ über das Ziel. Das Licht, das auf die CCD-Anordnung **36** fällt, ist ein Integral des Lichtes, das in diesen Zeitschlitz reflektiert wird. Die Abtastrate wird durch die Empfindlichkeit der Ausrüstung begrenzt und kann für eine bestimmte Konfiguration leicht durch einen Fachmann ausgewählt werden.

[0039] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird der Photodetektor **31** mit einer Geschwindigkeit abgetastet, welche höher als und ein ganzzahliges Vielfaches der Abtastrate der CCD-Anordnung **36** ist und synchron damit läuft. Das Abtasten der Photodetektorgeschwindigkeit ist typischerweise 4 bis 10 mal höher als das der Geschwindigkeit für die CCD-Anordnung. Das Ergebnis ist, dass die Texturinformation, Farbe und Intensität der Fläche, mit einer höheren Auflösung als bei der geometrischen Information gemessen werden kann, um einen Faktor, der gleich dem Vielfachen der Abtastrate ist.

Fig. 6 zeigt warum. Während jeder Abtastperiode der CCD-Anordnung **36** gibt es eine Vielzahl n überlagernder Flecken **38**, deren gesamte Einhüllende der CCD-Messung entspricht. Die Menge an reflektiertem Licht wird von dem Photodetektor bei Abtastzeiten a, b, c, d , aufgenommen, entsprechend der Anzahl der Abtastpunkte n (hier zum Beispiel 4), die während jeder Abtastperiode der CCD aufgenommen werden. Aus der Kombination eines Profils auf der CCD und den n Abtastpunkten von den Photodioden kann die Farbflächeninformation mit einem Grad der Auflösung berechnet werden, der höher ist als der, der mit der CCD-Anordnung allein erhalten wird. Der Zuwachs an Auflösung gilt nur für Farb- oder Intensitätsinformation, nicht für geometrische Information, die immer noch durch die Abtastrate der CCD-Anordnung begrenzt ist.

[0040] Das Überprüfen (oversampling) durch den Photodetektor kann auch vorteilhaft, im Vorteil bei einer monochromen Anordnung benutzt werden, beispielsweise zum Ausmessen der Oberflächentextur bei einer einzelnen Wellenlänge.

[0041] Plötzliche Änderungen zwischen hell und dunkel können den Peak auf der CCD-Anordnung verzerren, was bewirkt, dass das Gerät eine Verschiebung in der Mitte des Peaks auf der CCD-Anordnung erfasst. Dies führt zu einer Falscherfassung einer Änderung in dem Profil der Zielfläche. **Fig. 7** zeigt warum. Bei einer gleichmäßigen Fläche wird der Peak **50** eine gleichmäßige Intensitätsverteilung haben, wie es in **Fig. 7** gezeigt ist. Wenn stattdessen die linke Hälfte **54** hell ist und die rechte Hälfte **56** dunkel ist, wird das Intensitätsprofil **52**, welches das Zeitintegral der Intensität über die Abtastperiode darstellt, verzerrt, da mehr Licht von der hellen Fläche reflektiert wird. Der Computer interpretiert dies als eine Verschiebung in dem Peak, was wiederum fälschlicherweise als eine Änderung im Bereich und somit im Profil der Fläche interpretiert wird.

[0042] Da der Photodetektor **31** tatsächlich eine Anzahl von Intensitätsprobenwerten während jeder Abtastperiode der CCD-Anordnung aufnimmt, kann das Vorliegen der scharfen Änderung in der Intensität erfasst werden und berücksichtigt werden, um die Änderung in der Form des Peakprofils zu kompensieren. Dies kann sowohl bei der monochromatischen als auch bei der polychromatischen Version des Systems durchgeführt werden.

[0043] Diese Erfindung stellt somit eine Verfahren zum Erhalten von Texturinformation mit einer höheren Auflösung als der geometrischen Information zur Verfügung, des Kompensierens von Artefakten aufgrund plötzlicher Änderungen in der Oberflächenintensität und des Auflösens von Farbmehrdeutigkeiten ohne Verlust an Genauigkeit.

[0044] Zusätzlich zu den oben beschriebenen Konfigurationen kann eine Vielzahl Photodetektoren, die sich unter unterschiedlichen Ausrichtungen befinden, einschließlich außerhalb der Triangulationsebene, benutzt werden. Jeder wird das reflektierte Licht in einer bestimmten Richtung messen. Jeder Photodetektor kann in der oben beschriebenen Weise überprüft und benutzt werden. Die Verwendung mehr als eines Photodetektors liefert mehrere Probenwerte der Winkelverteilung des von der Oberfläche reflektierten Lichtes. Ein Beispiel einer solchen Konfiguration ist in **Fig. 4** gezeigt, bei der zwei unterschiedliche Photodetektoren benutzt werden.

[0045] **Fig. 8** zeigt eine mögliche Ausführungsform eines Photodetektors, der bei der vorgeschlagenen Erfindung benutzt werden kann. Der Photodetektor stellt eine Einrichtung zum Erzeugen von Signalen zur Verfügung, die repräsentativ für die Lichtmenge in jeder Komponentenwellenlänge sind. Bei dieser besonderen Konfiguration wird ein ankommendes Bündel **60** durch ein Prisma in seine Komponentenwellenlängen zerlegt, die auf verschiedene Photodetektoren gerichtet werden, welche Signale produzieren, die repräsentativ für die Lichtmenge bei jeder entsprechenden Wellenlänge sind.

[0046] Obwohl die Erfindung in bezug auf autosynchronisiertes Abtasten beschrieben worden ist, wird es von den Fachleuten verstanden werden, dass sie gleichermaßen auf die gewöhnliche Triangulation anwendbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung eines Profils einer Zielfläche, das aus den folgenden Schritten besteht: Abtasten der Zielfläche mit einem einfallenden Lichtbündel; Bilden eines von der Zielfläche reflektierten Lichtbündels; Richten des reflektierten Lichtbündels auf ein Sensorfeld, um ein Intensitätsprofilsignal zu erzeugen; Abtasten des Intensitätsprofilsignals mit einer ersten Abtastfrequenz f_c , um eine erste Menge von Datenpunkten zu liefern, die die Intensitätsverteilung im Sensorfeld in jedem Abtastintervall darstellen; und Richten eines Teils des reflektierten Lichtbündels auf einen Photodetektor, um ein Ausgangssignal zu erzeugen, das die Intensität des reflektierten Lichtbündels darstellt; **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausgangssignal mit einer zweiten Abtastfrequenz f_p abgetastet wird, die höher als und ein ganzzahliges Vielfaches der ersten Abtastfrequenz f_c und synchron mit ihr ist, um eine zweite Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensität in jedem Abtastintervall bei der zweiten Abtastfrequenz darstellen, wobei die zweite Menge von Datenpunkten zusätzliche Informationen über das Aussehen der Fläche in jedem Abtastinter-

vall bei der ersten Abtastfrequenz von höherer Auflösung als die erste Menge von Datenpunkten liefert, und eine dritte, die relative Lage des reflektierten Lichtbündels im Sensorfeld, während das Lichtbündel die Fläche abtastet, darstellende Menge von Datenpunkten aus der ersten Menge von Datenpunkten und der zweiten Menge von Datenpunkten erzeugt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das einfallende Lichtbündel monochrom ist und die zusätzlichen Informationen Intensitätsinformationen von höherer Auflösung darstellen, als von dem Sensorfeld allein erhältlich sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das einfallende Lichtbündel eine Vielzahl von Komponentenwellenlängen umfasst, das reflektierte Lichtbündel ein Wellenlängentrennelement durchgeht, um ein oder mehrere separate der Komponentenwellenlänge oder -längen des reflektierten Lichtbündels entsprechende Unterlichtbündel zu bilden, wobei der Photodetektor wellenlängenempfindlich ist, um Daten über die ungefähre Wellenlängenzusammensetzung des reflektierten Lichtbündels zu liefern, und die Farbe und das Profil der Zielfläche aus den relativen Lagen und Formen der Gipfelpunkte der Intensitätsverteilung, die durch ein oder mehrere Unterlichtbündel auf dem Sensorfeld erzeugt wird, und aus den Daten über die ungefähre Wellenlängenzusammensetzung des reflektierten Lichtbündels ermittelt werden, wobei die Daten über die ungefähre Wellenlängenzusammensetzung des reflektierten Lichtbündels verwendet werden, um eventuelle Zweideutigkeiten in den aus dem Sensorfeld erhaltenen Ergebnissen zu beseitigen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzlichen Informationen Varianten in der Farbe der Fläche innerhalb eines Abschnitts darstellen, dessen Größe durch die erste Abtastfrequenz f_c bei einer durch die zweite Abtastfrequenz festgelegten Auflösung ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil mit Hilfe eines teilweise reflektierenden Spiegels vom reflektierten Lichtbündel getrennt wird, ehe das reflektierte Lichtbündel in ein oder mehrere Unterlichtbündel umgeformt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil geformt wird, indem ein oder mehrere von der Fläche des Sensorfeldes reflektierte Unter-Lichtbündel rekombiniert werden.

7. Verfahren nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Photodetektor mehrere auf die entsprechenden Komponentenwellenlängen des reflektierten Lichtbündels empfindliche Photodetektoren aufweist, und der Teil in individuelle auf die entsprechenden Photodetektoren gerichtete

Komponentenwellenlängen aufgeteilt ist.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das reflektierte Lichtbündel mit dem einfallenden Lichtbündel autosynchronisiert ist.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorfeld ein Schräg-CCD-Element ist.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Abtastfrequenz 4 bis 10 mal höher als die erste Abtastfrequenz ist.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine vierte Datenmenge mit Hilfe der zusätzlichen Informationen abgeleitet wird, um Informationen über die Intensitätsverteilung des reflektierten Lichtbündels innerhalb einer Abtastperiode zu liefern, um Diskontinuitäten in dem Reflektionsvermögen der Fläche zu kompensieren.

12. Vorrichtung zur Ermittlung des Profils einer Zielfläche (10), die aus den folgenden Komponenten besteht:

eine Lichtquelle (11) zum Abtasten der Zielfläche mit einem einfallenden Lichtbündel (14);

eine Linse (16) zum Bilden eines von der Zielfläche reflektierten Lichtbündels;

ein Sensorfeld (36) zum Abtasten des reflektierten Lichtbündels und Erzeugen eines Intensitätsprofils, um die Ermittlung der Lagen des reflektierten Lichtbündels zu ermöglichen, während das einfallende Lichtbündel sich über die Zielfläche bewegt; und einen Photodetektor (31) zum Empfang eines Teils des reflektierten Lichtbündels zum Erzeugen eines Ausgangssignals;

dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner Mittel zum Abtasten des Intensitätsprofilsignals mit einer ersten Abtastfrequenz f_c umfasst, um eine erste Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensitätsverteilung im Sensorfeld in jedem Abtastintervall darstellen, Mittel zum Abtasten des Ausgangssignals mit einer zweiten Abtastfrequenz f_p , die höher als und ein ganzzahliges Vielfaches der ersten Abtastfrequenz f_c und synchron mit ihr ist, um eine zweite Menge von Datenpunkten zu erzeugen, die die Intensitätsverteilung in jedem Abtastintervall bei der zweiten Abtastfrequenz darstellen, sowie Mittel zum Ableiten – aus der ersten Menge von Datenpunkten und der zweiten Menge von Datenpunkten – einer dritten Menge von Datenpunkten, die die relative Lage des reflektierten Lichtbündels im Sensorfeld (36) darstellt, während das Lichtbündel die Fläche abtastet, wobei die ableitenden Mittel so ausgeführt sind, dass sie die zweite Menge von Datenpunkten verwenden, um zusätzliche Informationen von höherer Auflösung über das

Aussehen der Fläche innerhalb jeder Abtastperiode mit der ersten Abtastfrequenz zu liefern.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Lichtquelle monochrom ist und die zusätzlichen Informationen Intensitätsinformationen von höherer Auflösung darstellen, als von dem Sensorfeld allein erhältlich sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle polychrom ist, ein Wellenlängentrennelement zur Verfügung steht, um das reflektierte Lichtbündel in ein oder mehrere den Komponentenwellenlängen des reflektierten Lichtbündels entsprechende Unterlichtbündel zu bilden, und der Photodetektor wellenlängenempfindlich ist, um Daten über die ungefähre Wellenlängenzusammensetzung des reflektierten Lichtbündels zu liefern, wobei die Farbe und das Profil der Zielfläche aus den Lagen und Formen der Gipfelpunkte der Intensitätsverteilung ermittelt werden können, die durch ein oder mehrere Unterlichtbündel auf dem Sensorfeld erzeugt wird, wobei die Daten über die ungefähre Wellenlängenzusammensetzung des reflektierten Lichtbündels verwendet werden, um eventuelle Zweideutigkeiten in den aus dem Sensorfeld erhaltenen Ergebnissen zu beseitigen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner einen teilweise reflektierenden Spiegel zum Richten eines Teils des reflektierten Lichtbündels auf den Photodetektor umfasst.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, wobei der Photodetektor mehrere auf die entsprechenden Komponentenwellenlängen des reflektierten Lichtbündels empfindliche Photodetektoren aufweist.

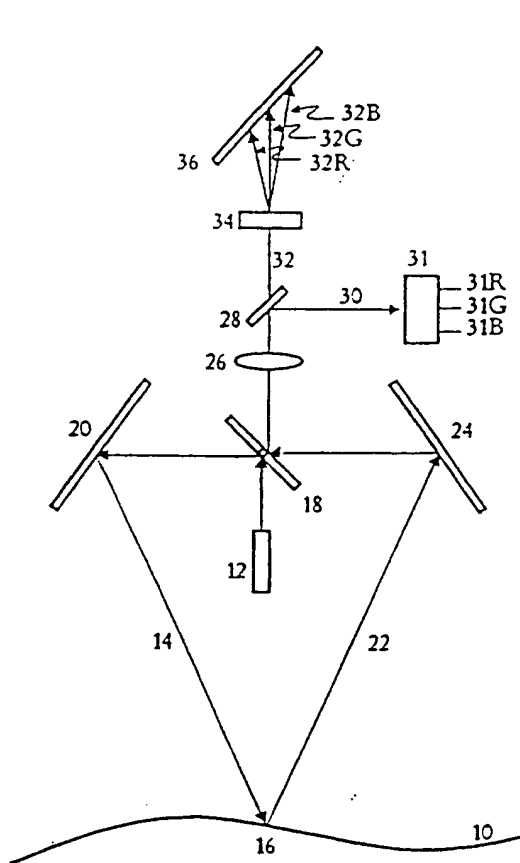
17. Vorrichtung nach Anspruch 14, 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die zusätzlichen Informationen Varianten in der Farbe der Fläche innerhalb eines Abschnitts darstellen, dessen Größe durch die erste Abtastfrequenz f_c bei einer durch die zweite Abtastfrequenz f_p festgelegte Auflösung ermittelt wird.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, die ferner einen Drehspiegel zum Autosynchronisieren des reflektierten Lichtbündels mit dem einfallenden Lichtbündel umfasst.

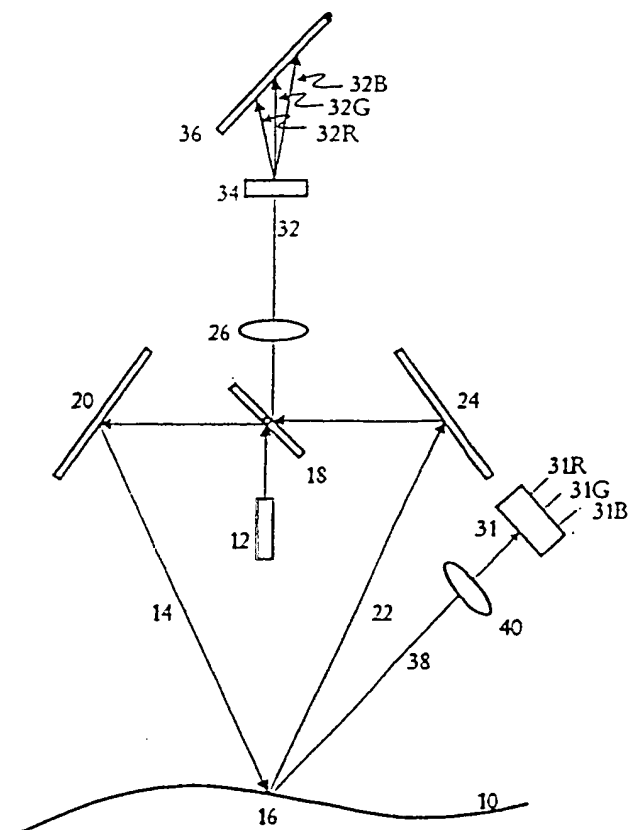
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, wobei das Sensorfeld ein Schräg-CCD-Element ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

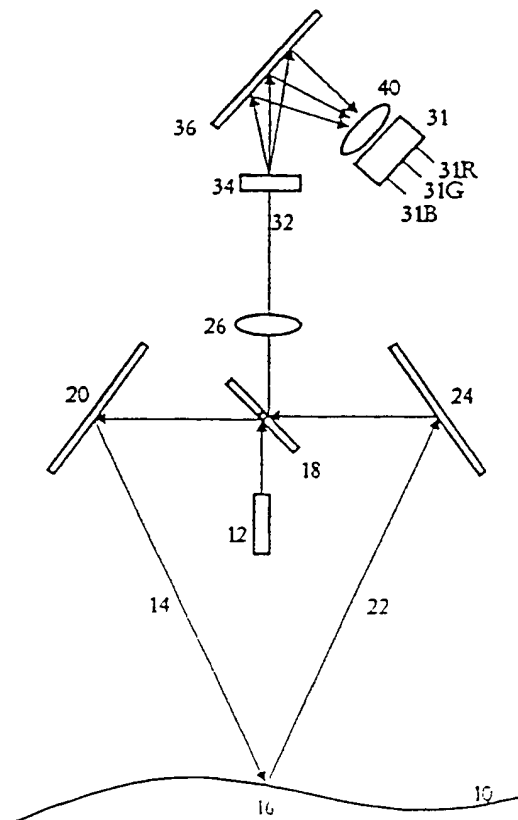
Anhängende Zeichnungen



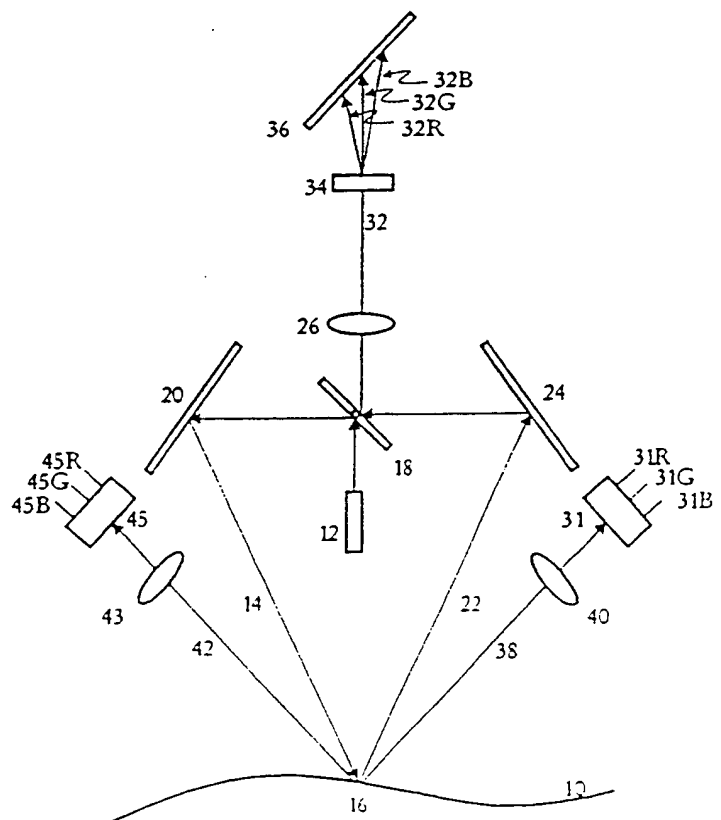
Figur 1



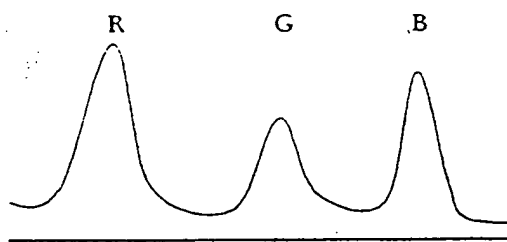
Figur 2



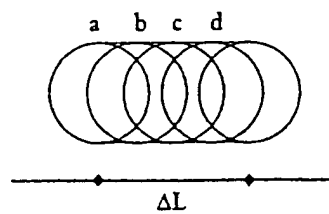
Figur 3



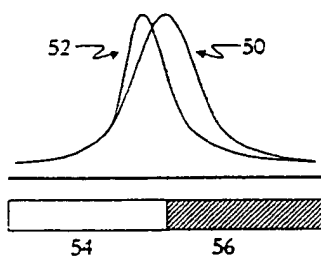
Figur 4



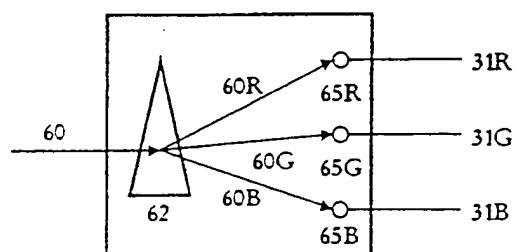
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8