



(10) **DE 10 2018 101 995 B3** 2019.06.27

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 101 995.5**
(22) Anmeldetag: **30.01.2018**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.06.2019**

(51) Int Cl.: **G01B 11/25 (2006.01)**

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Gerndt, Willi, 82377 Penzberg, DE

(74) Vertreter:
**DTS Patent- und Rechtsanwälte Schnekenbühl
und Partner mbB, 80539 München, DE**

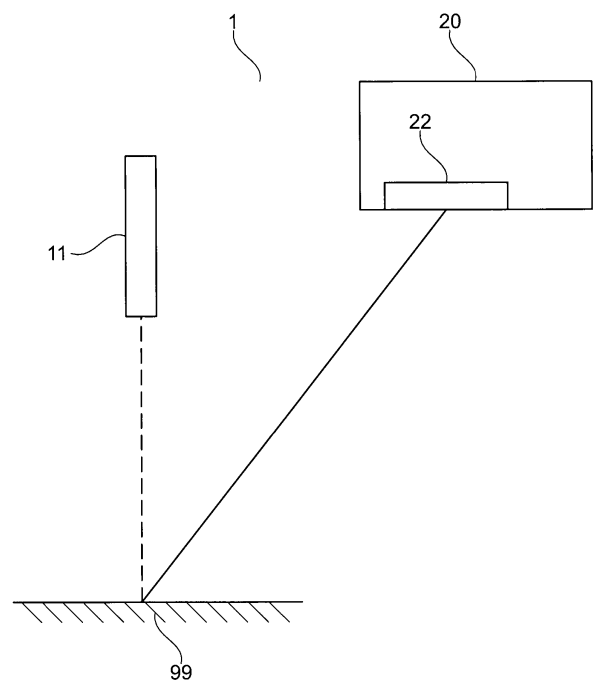
(72) Erfinder:
Antrag auf Nichtnennung

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2013 211 802	A1
US	2011 / 0 279 656	A1
US	2012 / 0 229 816	A1
US	2015 / 0 185 000	A1
WO	2017/ 125 507	A1

(54) Bezeichnung: **6Vorrichtung zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren bestehend aus einem Projektor (10) und einer Kamera (20) wobei der Projektor (10) einen Laser (11) aufweist, der auf einer vorbestimmten Wellenlänge abstrahlt und wobei die Kamera (20) einen Bildaufnehmer (22) mit mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Sensoren (24.1, 24.2) aufweist, wobei der zweite Sensor (24.2) im Vergleich zu dem ersten Sensor (24.1) in Bezug auf die vorbestimmte Wellenlänge des Lasers (11) unempfindlicher ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren.

[0002] Das Lichtschnitt-Triangulationsverfahren ist ein 3D-Messverfahren zur berührungslosen Vermessung von Gegenständen. Ein Projektor, ein durch den projizierten Lichtstrahl beleuchteter Oberflächenpunkt des Messobjekts und eine Kamera stellen ein Dreieck dar. Projektor und Kamera bilden die Basis des Dreiecks. Kennt man die Basislänge und die Winkel zwischen den Lichtstrahlen und der Basis, kann man den Ort des Schnittpunktes in Bezug zur Basis berechnen.

[0003] Wenn die abgetastete Oberfläche stark reflektiert, kann es zu Übersteuerungen kommen, die dazu führen, dass die detektierten Signale nicht auswertbar sind.

[0004] Die DE 10 2013 211 802 A1 offenbart ein Streifen-Projektions-Triangulationsverfahren, bei dem ein Farbstreifenmuster projiziert und die Distanzinformation zu allen Punkten des Musters mit einem Kamerabild berechnet wird. Beim Streifen-Projektions-Triangulationsverfahren wird ausgenutzt, dass aufgrund der gekrümmten Form der Objektoberfläche die Farbstreifen eine ortsabhängige Phasenverschiebung erfahren, aus der letztendlich die Form der Oberfläche bestimmt werden kann. Problematisch bei diesem Triangulationsverfahren ist, dass es beispielsweise im Abbild zu einer Verschiebung der Farben im Farbraum kommen kann oder dass die einzelnen Farben sich durch den Verlust an Helligkeit nur schwer erkennen lassen. Es wird vorgeschlagen, diesen Dynamikverlust durch den Einsatz von HDR-Kameras zu kompensieren und einen Farbfilter zu verwenden, der in drei unterschiedlichen spektralen Durchlassbereichen durchlässig ist, wobei die einzelnen spektralen Durchlassbereiche des Farbfilters paarweise disjunkt sind.

[0005] Aus der WO 2017/125507 A1 ist eine Bildeinheit zum Erhalten eines dreidimensionalen Bildes eines Objektbereichs bekannt, umfassend einen Bildsensor, der aus einer Matrix von Sensorelementen und einer Fokussierungseinheit zum Bereitstellen eines Bildes des Objektbereichs auf dem Bildsensor besteht, wobei die Matrix durch eine Farbfilteranordnung abgedeckt ist, und eine Projektionseinheit zum Projizieren eines vorbestimmten Musters auf den Objektbereich, wobei die Fokussierungseinheit und die Projektionseinheit optische Achsen aufweisen, die sich mit einem bekannten Winkel unterscheiden. Die Projektionseinheit ist dazu ausgelegt, eine Zeitfolge von Mustern auf den Objektbereich zu projizieren, wobei die Musterfolge so gewählt ist, dass sie eine Position entlang mindestens einer Achse senkrecht

zur Projektionsachse eindeutig definiert, über den durch die Beleuchtung definierten Zeitraum. Jedes Sensorelement ist in der Matrix mit einem Verarbeitungszweig verbunden, der dazu ausgelegt ist, Änderungen in der an jedem Sensorelement gemessenen Beleuchtungssequenz zu erfassen und aus dem bekannten Winkel zwischen der Projektions- und der Abbildungsachse, der Position in der Sensormatrix und der an jedem Sensorelement erfassten Beleuchtungssequenz eine dreidimensionale Koordinate des abgebildeten Punktes auf der Oberfläche des Objekts zu berechnen. Der Verarbeitungszweig ist außerdem dazu ausgelegt mindestens ein Bild des Bildbereichs zu erfassen und ein Farbbild basierend auf dem Farbfiltermuster für das mindestens ein Bild zu berechnen.

[0006] Die US 2012/0229816 A1 offenbart ein Verfahren zum Gewinnen von 3D-Oberflächendaten von der Oberfläche eines Objekts. Das Verfahren beinhaltet das Projizieren von zwei oder mehreren zweidimensionalen (2D) Bildern, die zusammen ein oder mehrere unterschiedliche Wellenlängenbänder enthalten, auf die Objektoberfläche entlang einer ersten optischen Achse. Die Wellenlängenbänder variieren bezüglich ihrer Intensität entlang einer ersten Bildachse, die ein Muster bildet, innerhalb mindestens eines der projizierten Bilder. Jedes projizierte Bild erzeugt ein reflektiertes Bild entlang einer zweiten optischen Achse. Die 3D-Oberflächendaten werden durch Vergleichen der Objektdaten mit Kalibrierdaten erhalten, die durch Projizieren der gleichen Bilder auf eine Kalibrierbezugsfläche, beispielsweise eine ebene Fläche, für eine Vielzahl bekannter Positionen entlang der z-Achse erhalten wurden.

[0007] Die US2011/0279656 (A1) beschreibt ein Oberflächenabtastsystem, das es erlaubt, dreidimensionale Modelle der Geometrien von Objekten, insbesondere mit glänzenden oder spiegelnden Oberflächen, zu erhalten. Das System umfasst mindestens eine Lichtquelle, einen Bewegungsmechanismus zum Bewegen der Lichtquelle relativ zum abzutastenden Objekt, mindestens eine Kamera, einen Bewegungsmechanismus, zum Bewegen der Kamera relativ zu dem abzutastenden Objekt, einen Bewegungsmechanismus zum Bewegen des abzutastenden Objekts, damit es aus verschiedenen Winkeln betrachtet werden kann, mindestens eine Steuerung, die die Lichtquelle, die Kamera und die Bewegungsmechanismen steuert. Auf dem Sensor der als Farbkamera ausgelegten Kamera befinden sich verschiedene Abtastzellen, die auf die Intensität der einzelnen Farbkanäle (Rot, Grün und Blau) reagieren. Bei Ein-Sensor-Kameras sind diese Pixel nach einer bestimmten Regel angeordnet. Bei Kameras mit einer Vielzahl von Sensoren wird das Licht zunächst durch ein Prisma geleitet und von Sensoren gemessen, die auf unterschiedliche Farbkanäle reagieren (z.B. 3 CCD-Kameras). Daher werden die Intensität

der roten Farbe und die Intensität der grünen Farbe in einem auf einen Punkt projizierten Licht von einem rot empfindlichen Sensor und einem grün empfindlichen Sensor gemessen (dasselbe gilt für blau).

[0008] Die US 2015/0185000 A1 offenbart ein Verfahren zum Messen von 3D-Koordinaten von Punkten auf einer Oberfläche eines Objekts durch Bereitstellen eines Gelenkarms, der mit einer Laserliniensonde verbunden ist. Die Laserzeilensonde mit einer Farbkamera sendet Farbbilder an einen Prozessor, der mittels Triangulation 3D-Oberflächenkoordinaten bestimmt. Der Prozessor gewichtet jede der von den Pixeln empfangenen Farben, um dunkle und helle Bereiche der Oberfläche gleichzeitig messen zu können. Die Farbkamera umfasst typischerweise einen digitalen Bildsensor, der ein Objektiv oder Linsensystem und eine zweidimensionale lichtempfindliche Anordnung beinhaltet. Die Anordnung umfasst eine Vielzahl von Lichtsensorelementen, wie beispielsweise Photodetektoren, und reagiert auf die Gesamtmenge des empfangenen Lichts bei allen Wellenlängen. Eine derartige Anordnung hat eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Wellenlängen des Lichts.

[0009] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren bereitzustellen, das auch dann, wenn die abgetastete Oberfläche stark reflektiert, gewährleistet, dass die detektierten Signale auswertbar sind.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0011] Bevorzugt ist eine Vorrichtung zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren vorgesehen, bestehend aus einem Projektor und einer Kamera, wobei der Projektor einen Laser aufweist, der auf einer vorbestimmten Wellenlänge abstrahlt und wobei die Kamera einen Bildaufnehmer mit mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Sensor aufweist, wobei der zweite Sensor im Vergleich zu dem ersten Sensor in Bezug auf die vorbestimmte Wellenlänge des Lasers unempfindlicher ist, um bei einer Übersteuerung des von der Kamera erfassten Laserlichts dessen Messsignal auf dem zweiten Sensor zur Lichtschnittermittlung zu nutzen.

[0012] Die Kamera umfasst einen Bildaufnehmer, der erste und zweite Sensoren aufweist, die unterschiedliche Empfindlichkeiten bezüglich der Lichtstrahlung des Projektors, bevorzugt eines Lasers, haben. Dadurch ist es möglich, bei einer Übersteuerung des von der Kamera erfassten Lichts - beispielsweise durch Reflexionen an der Oberfläche des Messobjekts - das Messsignal auf dem zweiten Sensor zu

nutzen. Durch das Wissen um den Faktor, um den der zweite Sensor unempfindlicher ist als der erste Sensor, kann der Messwert für den ersten Sensor errechnet werden. Besonders bevorzugt kann das Messsignal auf dem zweiten (unempfindlicheren) Sensor auch genutzt werden, um das aktuell gemessene Messsignal auf dem ersten Sensor herunterzurechnen. Bevorzugt ist hierfür eine Steuervorrichtung vorgesehen. Mit dieser Steuervorrichtung können die Messsignale verglichen und ausgewertet werden sowie skaliert und berechnet werden.

[0013] Bevorzugt strahlt der Laser im grünen Bereich ab, insbesondere mit einem Maximum bei 532 nm.

[0014] Bevorzugt umfasst die Kamera einen RGB-Bildaufnehmer mit roten, grünen und blauen Farbsensoren, besonders bevorzugt einen RGB-Bildaufnehmer mit einer BAYER-Matrix. Hierbei stellen die grünen Farbsensoren die ersten Sensoren dar und die roten und/oder blauen Farbsensoren die zweiten Sensoren. Bei einem beispielsweise grünen Laserstrahl hat der grüne Sensor des RGB-Bildaufnehmers sein Maximum und kann dieses Licht besonders gut erfassen. Der grüne Sensor des RGB-Bildaufnehmers kann aber auch neben dem grünen Bereich und insbesondere der Wellenlänge 532nm noch ein Signal erkennen - wenn auch schlechter. Genauso ist es bei den roten und blauen Sensoren: auch diese Sensoren können bei einer grünen Wellenlänge von beispielsweise 532nm noch ein Signal erfassen, allerdings sehr viel schlechter als in ihrem Maximum des roten bzw. blauen Lichts. Damit stellen die roten und blauen Sensoren in Bezug auf das grüne Laserlicht einen unempfindlicheren Sensor dar. Der rote Sensor detektiert nur ca. 5% des grünen Lichts verglichen mit dem grünen Sensor und der blaue Sensor detektiert nur ca. 19% des grünen Lichts verglichen mit dem grünen Sensor.

[0015] Damit dienen die roten und blauen Sensoren im RGB-Bildaufnehmer in Bezug auf das grüne Licht als unempfindlichere Sensoren als der grüne Sensor. Bevorzugt ist auch denkbar, dass ein Laser mit rotem Licht genutzt wird und der grüne bzw. blaue Sensor als unempfindlichere Sensoren eingesetzt werden, während der rote Sensor den ersten Sensor darstellt. Ebenfalls ist es denkbar, blaues Licht zu nutzen und den blauen Sensor als ersten Sensor und den roten und/ oder grünen Sensor als zweite Sensoren einzusetzen.

[0016] In der BAYER-Matrix befindet sich in jeder Zeile immer auch ein grüner Sensor - abwechselnd dann mit roten Sensoren bzw. in der Folgezeile mit blauen Sensoren. Damit ist bei der Auswertung einer Zeile immer das Signal von grünen Sensoren verfügbar und zusätzlich immer auch ein unempfindlicherer Sensor (rot bzw. blau). Damit ist vorteilhafterweise in

einem solchen Sensor immer in jeder Zeile ein erster und ein zweiter Sensor vorhanden.

[0017] Bevorzugt ist der zweite Sensor im Vergleich zu dem ersten Sensor in Bezug auf die vorbestimmte Wellenlänge des Lasers um einen Faktor von mehr als fünf, bevorzugt mehr als 6, bevorzugt mehr als 7, bevorzugt mehr als 10, bevorzugt mehr als 15, insbesondere von mehr als zwanzig unempfindlicher.

[0018] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sollen nun anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

[0019] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

Fig. 2 ein schematisches BAYER-Muster für die RGB-Sensoren eines RGB-Bildaufnehmers

[0020] **Fig. 1** zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung **1**. Ein Linienlaser **11** mit einer Wellenlänge von 532nm ist auf ein Messobjekt **99** gerichtet. Die von dort reflektierte Strahlung wird von einem Bildaufnehmer **22** einer Kamera **20** erfasst. Der Bildaufnehmer **22** ist ein RGB-Bildaufnehmer mit roten, grünen und blauen Sensoren.

[0021] Wenn grünes Licht nun von der Oberfläche des Messobjekts **99** reflektiert und von dem Bildaufnehmer **22** erfasst wird, fällt dieses Licht auf grüne, rote und blaue Sensoren. Das Signal auf dem grünen Sensor ist im Vergleich zu dem Signal auf dem roten bzw. blauen Sensor sehr stark. Sollte das Signal des grünen übersteuert sein, so kann das Signal des roten bzw. blauen Sensors genutzt werden und über eine Steuereinrichtung der Wert heruntergerechnet werden.

[0022] In **Fig. 2** ist die bekannte BAYER-Matrix dargestellt und es ist erkennbar, dass in jeder Zeile immer auch grüne Sensoren vorhanden sind. So kann vorteilhafterweise bei Verwendung von grünem Licht in jeder Zeile ein Messsignal erhalten werden und gleichzeitig befinden sich in jeder Zeile auch nicht-grüne Sensoren, die die Erfassung eines stärker gedämpften Signals über die bezüglich des grünen Lichts unempfindlicheren Sensoren erlauben.

[0023] Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es daher möglich, im Lichtschnitt-Triangulationsverfahren einen üblichen RGB-Sensor einzusetzen und übersteuerte Messsignale auszugleichen, indem parallel die benachbarten (unempfindlicheren) Sensoren genutzt werden.

Bezugszeichenliste

1	Vorrichtung zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren
10	Projektor
11	Laser
20	Kamera
22	Bildaufnehmer
24	Sensor
99	Messobjekt

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Messung nach dem Lichtschnitt-Triangulationsverfahren bestehend aus einem Projektor (10) und einer Kamera (20) wobei der Projektor (10) einen Laser (11) aufweist, der auf einer vorbestimmten Wellenlänge abstrahlt und wobei die Kamera (20) einen Bildaufnehmer (22) mit mindestens einem ersten und mindestens einem zweiten Sensor (24.1, 24.2) aufweist, wobei der zweite Sensor (24.2) im Vergleich zu dem ersten Sensor (24.1) in Bezug auf die vorbestimmte Wellenlänge des Lasers (11) unempfindlicher ist, um bei einer Übersteuerung des von der Kamera (20) erfassten Laserlichts dessen Messsignal auf dem zweiten Sensor (24.2) zur Lichtschnittermittlung zu nutzen.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Laser (11) im grünen Bereich abstrahlt, insbesondere mit einem Maximum bei 532nm.

3. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Kamera (20) einen RGB-Bildaufnehmer mit roten, grünen und blauen Farbsensoren umfasst und wobei die grünen Farbsensoren die ersten Sensoren (24.1) darstellen und die roten und/oder blauen Farbsensoren die zweiten Sensoren (24.2) darstellen.

4. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Sensor (24.2) im Vergleich zu dem ersten Sensor (24.1) in Bezug auf die vorbestimmte Wellenlänge des Lasers (11) um einen Faktor von mehr als fünf, insbesondere von mehr als zehn unempfindlicher ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

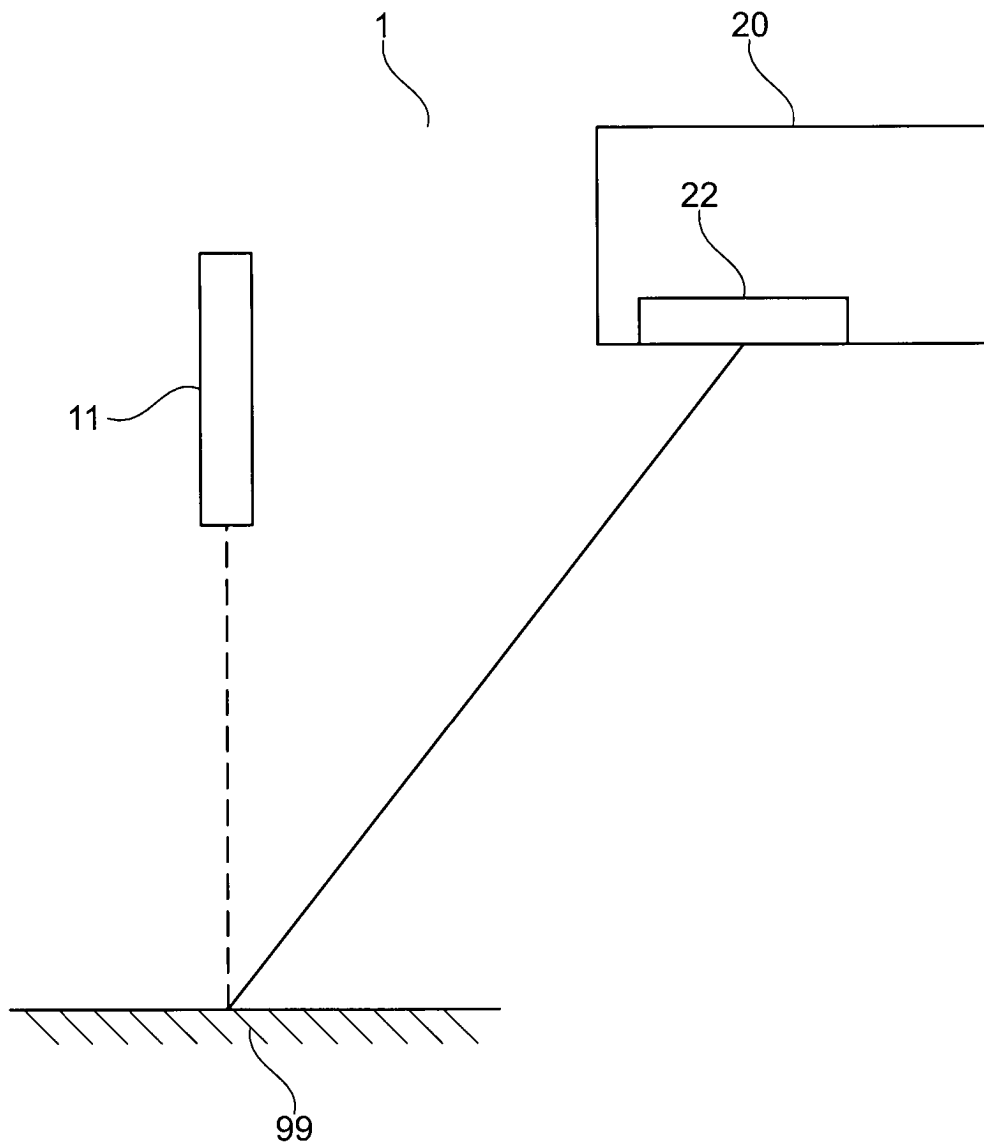


Fig. 1

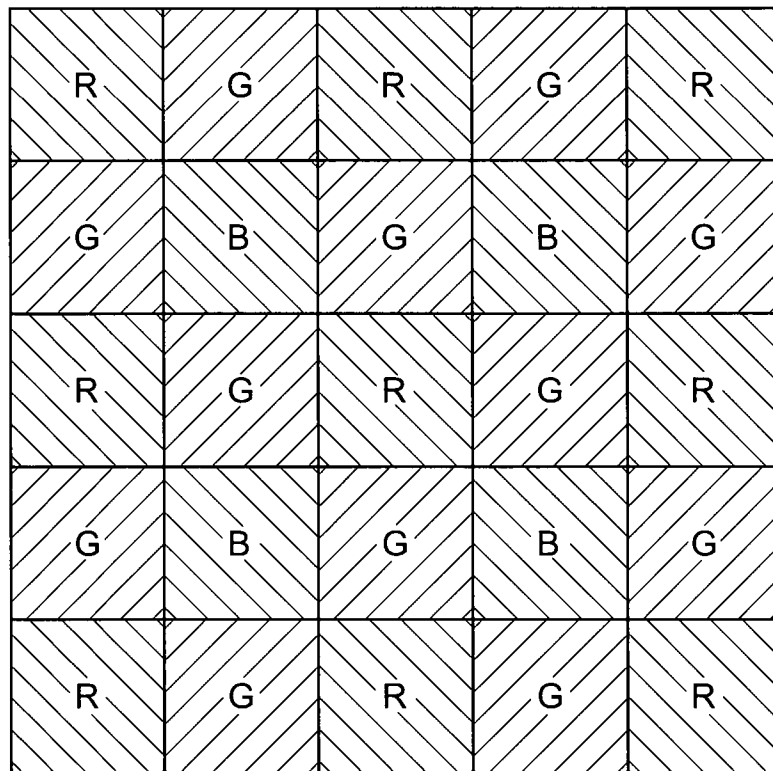


Fig. 2