



(11)

EP 3 054 429 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.08.2022 Patentblatt 2022/33

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
G07D 7/20 ^(2016.01) **G07D 7/00** ^(2016.01)
G07D 7/121 ^(2016.01) **G07D 7/206** ^(2016.01)
G07D 7/128 ^(2016.01)

(21) Anmeldenummer: **15200133.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
G07D 7/128; G07D 7/0032; G07D 7/121;
G07D 7/206

(22) Anmeldetag: **15.12.2015**

(54) **PHOTOMETRISCHER DOVID-VERGLEICH**

PHOTOMETRIC DOVID COMPARISON

COMPARAISON PHOTOMÉTRIQUE DE STRUCTURE DIFFRACTIVE CHANGEANT D'APPARENCE SELON L'INCLINAISON (DOVID)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **18.12.2014 AT 509232014**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
10.08.2016 Patentblatt 2016/32

(73) Patentinhaber: **AIT Austrian Institute of Technology GmbH**
1220 Wien (AT)

(72) Erfinder:
• **Soukup, Daniel**
1020 Wien (AT)
• **Huber-Mörk, Reinhold**
1220 Wien (AT)
• **Stolc, Svorad**
831 01 Bratislava (SK)

(74) Vertreter: **Wildhack & Jellinek**
Patentanwälte OG
Landstraßer Hauptstraße 50
1030 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 835 469 US-A1- 2014 055 824

EP 3 054 429 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Vergleich der Oberfläche eines Gegenstands mit einem Referenzgegenstand gemäß dem Patentanspruch 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Gegenständen mit Aufdrucken bzw. Applikationen bekannt, die unter unterschiedlichen Richtungen jeweils unterschiedliche Ansichten zeigen. Solche Aufdrucke befinden sich beispielsweise auf Geldscheinen und werden als DOVIDs unter Bezugnahme auf die englische Bezeichnung "Diffractive Optically Variable Image Device" bezeichnet. Gelegentlich werden DOVIDs auch als Hologramme bezeichnet. Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren bekannt, wie die Echtheit von DOVID-Aufdrucken einfach ermittelt werden kann. Hierbei wird die jeweilige Banknote, deren Echtheit zu überprüfen ist, jeweils mit einer vorgegebenen echten Banknote verglichen und untersucht, ob eine Übereinstimmung vorliegt. Ein solches Verfahren ist aus EP 1 835 469 A2 bekannt.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es bekannt, den betreffenden Bereich, an dem ein DOVID-Aufdruck vorhanden sein sollte, mikroskopisch zu untersuchen oder punktweise Brechungsmuster des jeweiligen Oberflächenbereichs zu ermitteln und diese anschließend zu vergleichen. Beide Herangehensweisen sind nur mit großem Aufwand zu erreichen und ermöglichen jedenfalls nicht eine rasche Untersuchung einer Vielzahl von Gegenständen, insbesondere Banknoten in kurzer Zeit.

[0004] Daher ist es Aufgabe der Erfindung, ein rasches und einfach durchzuführendes Verfahren zu schaffen, mit dem Gegenstände einfach auf das Vorhandensein bestimmter DOVID-Aufdrucke sowie auf deren Korrektheit überprüft werden können.

[0005] Die Erfindung löst diese Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1.

[0006] Besonders vorteilhaft ist hierbei, dass bereits mit einer geringen Anzahl von vom betreffenden Gegenstand aufgenommenen Bildern sowie mit einer relativ einfach aufbaubaren Beleuchtungseinheit eine wirksame Überprüfung von Gegenständen auf das Vorhandensein und die Korrektheit von DOVID-Aufdrucken möglich ist.

[0007] Eine besonders einfache Art der Überprüfung, mit der insbesondere leicht festgestellt werden kann, ob ein DOVID-Aufdruck überhaupt vorhanden ist, sieht gemäß Erfindung vor, dass aus der

[0008] Beleuchtungsverteilungsfunktion die Exzentrizität als charakteristisches Merkmal extrahiert wird.

[0009] Um zusätzlich oder alternativ auch feststellen zu können, ob DOVID-Bereiche auf dem Gegenstand vorhanden sind, deren Reflektivität sich bei einer Verkippung nach demselben Verkippungswinkel am stärksten ändern, wird von der Erfindung vorgesehen, dass aus der

[0010] Beleuchtungsverteilungsfunktion der Ausrichtungswinkel als charakteristisches Merkmal extrahiert

wird, der angibt, nach welcher Verkippungsrichtung der DOVID-Bereich seine Reflektivität am stärksten oder am wenigsten ändert oder der die dominante Richtung der Reflexionsverteilung in der Beleuchtungsverteilungsfunktion angibt.

[0011] Ein besonders einfacher Vergleich, der auf die Rotation des abgebildeten Gegenstands gegenüber der Bildaufnahmeeinheit invariant ist, sieht vor,

- 10 - dass das Merkmalsbild und das Referenz-Merkmalsbild miteinander verglichen werden, indem ausgehend vom Merkmalsbild ein Histogramm erstellt wird, das die Häufigkeit des Vorkommens eines Merkmalswerts innerhalb eines bestimmten Wertebereichs angibt,
- 15 - dass für das Referenz-Merkmalsbild nach denselben Kriterien ein Referenz-Histogramm erstellt wird, und
- 20 - dass das Histogramm des Merkmalsbilds mit dem Referenz-Histogramm des Referenz-Merkmalsbilds auf Übereinstimmung verglichen wird und eine große Übereinstimmung der Histogramme einer großen Übereinstimmung der DOVID-Bereiche der Gegenstände gleichgehalten wird.

[0012] Um hierbei eine Winkelausrichtung eines DOVID-Bereichs vorteilhaft ermitteln zu können, kann vorgesehen sein,

- 30 - dass zur Erstellung des Merkmalsbilds aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion der Ausrichtungswinkel als Merkmal extrahiert wird, und
- 35 - dass vor dem Vergleich des Histogramms mit dem Referenz-Histogramm beide Histogramme Fourier-transformiert werden und die Fourier-Transformierten der beiden Histogramme miteinander verglichen werden.

[0013] Zur Überprüfung von DOVID-Bereichen bei mehreren unterschiedlichen Lichtwellenlängen kann vorgesehen sein,

- 40 - dass vom Gegenstand von einer Bildaufnahmeeinheit jeweils unter einer Beleuchtung eines Leuchtmittels mit jeweils unterschiedlichem Einstrahlungswinkel jeweils ein Mehrfarben-Digitalbild aufgenommen wird, und diese Mehrfarben-Digitalbilder untereinander jeweils gleiche Größe aufweisen,
- 45 - dass die einzelnen Bildkanäle der Mehrfarben-Digitalbilder separat behandelt werden und für jeden Bildkanal ein eigener Bildstapel erstellt wird,
- 50 - dass nach einem der vorangehenden Ansprüche jeweils für jeden der Bildstapel separat ein Merkmalsbild ermittelt und als Farbkanal-Merkmalsbild dem jeweiligen Farbkanal zugeordnet wird und die Farbkanal-Merkmalsbilder zum Vergleich mit auf dieselbe Weise erstellten Referenz-Farbkanal-Merkmalsbildern herangezogen werden.

[0014] Eine besonders einfache Durchführung eines Vergleichs von Farbaufnahmen von DOVID-Bereichen sieht vor, dass aus den Farbkanal-Merkmalbildern ein Merkmalsbild erstellt wird, indem der jeweilige Merkmalswert durch pixelweise Verknüpfung der Merkmalswerte der Farbkanal-Merkmalbilder, insbesondere durch Bildung des Mittelwerts, der Summe oder eines Maximums, gebildet wird.

[0015] Ein genauerer Vergleich, der insbesondere die ermittelte Ausrichtungswinkelstärke berücksichtigt, sieht vor, dass jedem Bildpunkt jedes Farbkanal-Merkmalbildes jeweils sowohl Exzentrizität als auch Ausrichtungswinkel zugeordnet werden und ein Merkmalsbild durch pixelweises Heranziehen des Ausrichtungswinkels desjenigen Farbkanals im jeweiligen Bildpunkt als Merkmal gebildet wird, dessen Exzentrizität für diesen Bildpunkt am größten ist.

[0016] Weiters kann vorgesehen sein, dass das Referenz-Merkmalbild aufgrund der Vermessung eines Referenz-Gegenstands mit einem DOVID-Bereich nach einem der vorangehenden Ansprüche analog der Erstellung des Merkmalsbilds vorgenommen wird.

[0017] Gemäß der Erfindung ist ein Computerprogramm zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens auf einem Datenträger abgespeichert.

[0018] Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind anhand der folgenden Zeichnungsfiguren näher dargestellt.

[0019] **Fig. 1a** zeigt einen Aufbau einer Erfassungseinheit mit einer Bildaufnahmeeinheit sowie einer Anzahl von Leuchtmitteln. **Fig. 1b** zeigt schematisch die Einfallswinkel des Lichts eines Leuchtmittels. **Fig. 2** zeigt eine Beleuchtungsverteilungsfunktion für einen spezifischen Bildpunkt. **Fig. 3** zeigt ein erstes Histogramm, das auf Basis der ermittelten Exzentrizitäten erstellt wurde. **Fig. 4** zeigt ein zweites Histogramm, das auf Grundlage der Ausrichtungswinkel erstellt wurde. **Fig. 5** zeigt die Ermittlung eines Merkmalsbilds auf Grundlage eines einfarbig aufgenommenen Bildstapels. **Fig. 6** zeigt die Ermittlung eines Merkmalsbilds auf Grundlage eines mehrfarbig aufgenommenen Bildstapels.

[0020] Bei einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung werden die folgenden Schritte sowohl für einen Referenzgegenstand 20 als auch für den zu untersuchenden Gegenstand 10 durchgeführt. Beide Gegenstände 10, 20 weisen jeweils einen Bereich mit einem DOVID-Aufdruck, im folgenden als DOVID-Bereich 11, 21 bezeichnet, auf. Ziel des nunmehr beschriebenen Verfahrens ist es, festzustellen, ob der DOVID-Bereich 11 des Gegenstands 10 mit dem DOVID-Bereich 21 des Referenzgegenstands 20 übereinstimmt und - da es sich beim Referenzgegenstand 20 um einen bekanntermaßen echten Gegenstand handelt - echt ist.

[0021] In **Fig. 1a** ist ein Gegenstand 10 dargestellt, der einen DOVID-Bereich 11 aufweist. Auf den DOVID-Bereich 11 des Gegenstands 10 sind sowohl eine Bildaufnahmeeinheit 30 als auch eine Anzahl von Leuchtmitteln 31a, 31b, ... gerichtet. Die einzelnen Leuchtmittel 31a,

31b, ... strahlen auf den DOVID-Bereich 11 des Gegenstands 10 jeweils mit unterschiedlichem Einstrahlungswinkel φ , θ ein. Wie aus **Fig. 1b** ersichtlich, bezeichnet der Winkel φ den Winkel des Leuchtmittels in der Ebene, während der Winkel θ den Winkel darstellt, in dem die Lichtquelle über der Ebene des Gegenstands 10 steht. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Erfindung wird von dem Gegenstand 10 mit der Bildaufnahmeeinheit 30 jeweils ein Digitalbild 32a, 32b, ... erstellt, wobei bei jedem der erstellten Digitalbilder 32a, 32b, ... jeweils ein anderes Leuchtmittel 31, 31b, ... zur Beleuchtung des Gegenstands 10 bzw. des DOVID-Bereichs 11 des Gegenstands 10 herangezogen wird. Derart werden Digitalbilder 32a, 32b (**Fig. 5**) jeweils mit gleicher Größe erstellt. Die Gesamtheit der derart erstellten Digitalbilder 32a, 32b, ... wird als Bildstapel 39 bezeichnet bzw. zu einem Bildstapel 39 zusammengefasst.

[0022] Ausgehend von dem ermittelten Bildstapel 39 wird ein Merkmalsbild 33 erstellt, das dieselbe Größe aufweist wie die erstellten Digitalbilder 32a, 32b, ... des Bildstapels 39. Hierbei werden pixelweise die Intensitätswerte der einzelnen Digitalbilder 32a, 32b, ... jeweils zu einem oder mehreren charakteristischen Merkmalen 37x, 37y akkumuliert. Aus den Intensitätswerten der einzelnen Bildpunkte 34x, 34y an jeweils vorgegebenen einander nach Lage entsprechenden Position in den Digitalbildern 32a, 32b, ... wird jeweils separat eine Beleuchtungsverteilungsfunktion 36x, 36y ermittelt, die die Verteilung der Helligkeit des im jeweiligen Bildpunkt 34x, 34y abgebildeten Bereichs über den Einstrahlungswinkel φ , θ angibt. Es werden für jeden Bildpunkt 34x, 34y jeweils aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion 36x, 36y ein oder mehrere charakteristische Merkmale 37x, 37y extrahiert, die dem jeweiligen Bildpunkt 34x, 34y des Merkmalsbilds 33 zugeordnet werden.

[0023] Eine mögliche Beleuchtungsverteilungsfunktion 36x, 36y ist in **Fig. 2** näher dargestellt. Diese Beleuchtungsverteilungsfunktion 36x, 36y gibt an, wie stark der in dem Bildpunkt 34x, 34y abgebildete Teil des DOVID-Bereichs 11 bei einer Beleuchtung unter dem jeweiligen Einfallswinkel φ , θ Licht reflektiert. Zu diesem Zweck wird für die einzelnen Bildpunkte 34x, 34y des Bildstapels 39 jeweils separat der jeweilige Intensitätswert i herangezogen und in der für den jeweiligen Bildpunkt 34x, 34y erstellten Beleuchtungsverteilungsfunktion 36x, 36y an der betreffenden Stelle eingetragen. Aufgrund der bekannten Winkel φ , θ der einzelnen Beleuchtungseinheiten 31a, 31b, ... ist es möglich, durch stereographische Projektion auf eine Ebene mit den betreffenden Koordinaten x , y die Stützpunkte 35a, 35b, ... zu erhalten.

[0024] Jedem der vorhandenen Stützpunkte 35a, 35b, ... wird entsprechend der ermittelten Intensität i des betreffenden Bildpunkts 34x, 34y jeweils eine Intensität i zugeordnet. Durch Interpolation ist es möglich, eine Beleuchtungsverteilungsfunktion 36 auf Grundlage der Stützpunkte 35a, 35b, ... sowie der zugeordneten Intensitäten i zu ermitteln.

[0025] Als Merkmal 37x, 37y für die Erstellung des

Merkmalsbilds 33 wird in diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung die Exzentrizität e der jeweiligen Beleuchtungsverteilungsfunktion $36x$, $36y$ herangezogen. Die Exzentrizität e kann vereinfacht und ohne die Notwendigkeit der tatsächlichen Bestimmung einer Beleuchtungsverteilungsfunktion als kontinuierliche Funktion in zwei Variablen x , y durch diskrete Methoden wie folgt ermittelt werden:

In einem ersten Schritt wird die Summe M_{00} als Summe sämtlicher Intensitätswerte ermittelt. Die einzelnen x - und y -Koordinaten der Stützpunkte $35a$, $35b$, $35c$, $35d$ werden zu Vektoren X , Y zusammengefügt. Die jeweils diesen Stützpunkten $35a$, $35b$, $35c$, $35d$ zugeordneten Intensitätswerte werden zu einem Intensitätsvektor I zusammengefügt.

[0026] Anschließend wird ein gewichteter Schwerpunkt der angegebenen Intensitätswerte ermittelt. Die x -Koordinate $x_{_}$ des gewichteten Schwerpunkts ergibt sich als Skalarprodukt des Vektors X der x -Koordinaten der Stützpunkte und des Intensitätsvektors I der Intensitätswerte dividiert durch die Summe M_{00} . Entsprechend ergibt sich die y -Koordinate $y_{_}$ des gewichteten Schwerpunkts als Skalarprodukt des Vektors Y der y -Koordinaten der Stützpunkte und der Intensitätswerte I dividiert durch die Summe M_{00} .

$$x_{_} = (I, X) / M_{00}.$$

$$y_{_} = (I, Y) / M_{00}.$$

[0027] Im Folgenden werden nun die Momente zweiter Ordnung μ_{20} , μ_{11} und μ_{02} gemäß den folgenden Vorschriften ermittelt:

$$\mu_{20} = (I, (X-x_{_}) * (X-x_{_})) / M_{00}$$

$$\mu_{11} = (I, (X-x_{_}) * (Y-y_{_})) / M_{00}$$

$$\mu_{02} = (I, (Y-y_{_}) * (Y-y_{_})) / M_{00},$$

wobei "Vektor minus Skalar" $(X-x_{_})$ bzw. $(Y-y_{_})$ bedeutet, dass der Skalar von jedem Element des Vektors subtrahiert wird, und die binäre Operation "*" für zwei Vektor-Operanden die elementweise Multiplikation der beiden Operanden bedeutet. Das Resultat ist dann wieder ein Vektor.

[0028] Anschließend wird die Exzentrizität e gemäß der folgenden Formel ermittelt:

$$e = ((\mu_{20} - \mu_{02})^2 - 4 \mu_{11}^2) / (\mu_{20} + \mu_{02})^2$$

[0029] Dieses Vorgehen kann für jeden einzelnen der

Bildpunkte $34x$, $34y$, ... des zu erstellenden Merkmalsbilds 33 separat vorgenommen werden. Als charakteristisches Merkmal $37x$, $37y$, ... des jeweiligen Bildpunkts $34x$, $34y$, ... wird die jeweils ermittelte Exzentrizität e zugeordnet.

[0030] Mit demselben Vorgehen wird ein Referenzmerkmalsbild 23 des Referenzbilds 20 bzw. des DOVID-Bereichs 21 des Referenzmerkmalsbilds 20 erstellt. Das Merkmalsbild 33 und das Referenzmerkmalsbild 23 werden anschließend miteinander verglichen. Hierbei wird ausgehend vom Merkmalsbild 33 ein Histogramm 38 erstellt, das die Häufigkeit des Vorkommens eines Merkmalswerts innerhalb eines bestimmten Wertebereichs angibt. Für das Referenzmerkmalsbild 23 wird nach denselben Kriterien ein Referenzhistogramm 28 erstellt. **Fig. 3** zeigt ein derartiges Histogramm. Anschließend werden das Histogramm 38 des Merkmalsbilds 33 und das Referenzhistogramm 28 des Referenzmerkmalsbilds 23 auf Übereinstimmung überprüft. Eine große Übereinstimmung der Histogramme 28, 38 lässt dabei auf eine große Übereinstimmung der DOVID-Bereiche 21, 11 der Gegenstände 20, 10 schließen.

[0031] Um die Übereinstimmung zweier Histogramme 28, 38 miteinander zu überprüfen, werden die Histogramme zunächst normiert. Anschließend können die einzelnen den Bereichen zugeordneten Häufigkeiten miteinander elementweise multipliziert werden und die sich daraus ergebenden Produkte miteinander summiert werden. Werden die Histogramme 28, 38 als Häufigkeitsvektoren dargestellt, kann ein Übereinstimmungswert durch Bildung des Skalarprodukts der normierten Häufigkeitsvektoren der Histogramme gefunden werden. Für die Normierung kann insbesondere die L_2 -Norm herangezogen werden.

[0032] Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, die im übrigen der ersten Ausführungsform der Erfindung entspricht, besteht die Möglichkeit, das Merkmalsbild 33 und das Referenzmerkmalsbild 23 nicht mittels Histogrammvergleich zu vergleichen, sondern eine unmittelbare Prüfung der beiden Merkmalsbilder 23, 33 durch Bildvergleich vorzunehmen.

[0033] Eine dritte vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung, die im übrigen der ersten Ausführungsform der Erfindung entspricht, verwendet als charakteristische Merkmale anstelle der Exzentrizität e den Ausrichtungswinkel ω als Merkmal 37. Dieser Ausrichtungswinkel ω gibt an, in welcher Verkippungsrichtung der DOVID-Bereich 11 die stärkste Reflektivität aufweist. In derselben Richtung findet auch der dominante Farbwechsel des DOVID-Bereichs statt.

[0034] Basierend auf den bereits im Zusammenhang mit der Exzentrizität e beschriebenen Momenten μ_{20} , μ_{11} und μ_{02} kann der Ausrichtungswinkel wie folgt beschrieben werden:

$$\omega = 0.5 \cdot \arctan(2 \cdot \mu_{11} / (\mu_{20} - \mu_{02}))$$

[0035] Wenn als Merkmal der Ausrichtungswinkel ω verwendet wird, ist es von Vorteil, dass vor dem Vergleich des Histogramms 38 mit dem Referenzhistogramm 28 beide Histogramme Fourier-transformiert werden und die Fourier-Transformierten der beiden Histogramme miteinander verglichen werden. Ein unter Verwendung des Ausrichtungswinkels ω erstelltes Histogramm ist in **Fig. 4** dargestellt und weist einen hinsichtlich seines Arguments periodischen Verlauf auf, der lediglich zwischen $-\pi/2$ und $\pi/2$ dargestellt ist. Um Verschiebungen dieser Histogramme gegeneinander vernachlässigen zu können, die insbesondere dadurch entstehen, dass der betreffende Gegenstand nicht exakt im gleichen Winkel wie der Referenzgegenstand eingezogen wurde, wird das betreffende Histogramm jeweils Fourier-transformiert. Die betreffenden Fourier-Transformierten sind gegen Verdrehungen des Gegenstands 10 bzw. Referenzgegenstands 20 bei der Aufnahme invariant, sodass hierbei ein besonders einfacher Vergleich möglich ist.

[0036] Bei einem vierten bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Gegenstand 10 von einer Bildaufnahmeeinheit 30 jeweils unter einer Beleuchtung eines Leuchtmittels 31a, 31b, ... mit jeweils unterschiedlichem Einstrahlungswinkel φ , θ aufgenommen, wobei jeweils ein Mehrfarben-Digitalbild 32a, 32b, ... aufgenommen wird. Diese Mehrfarben-Digitalbilder 32a, 32b, ... weisen untereinander jeweils dieselbe Größe auf und zeigen denselben Gegenstandsbereich des Gegenstands 10. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist jedes dieser Mehrfarbendigitalbilder 32a, 32b drei Bildkanäle auf, einen Bildkanal für den roten, einen Bildkanal für den grünen und einen Bildkanal für den blauen Farbanteil des betreffenden Bilds. In einem ersten Schritt wird für jeden Bildkanal jeweils ein separater Bildstapel 39R, 39G, 39B erstellt und anschließend für jeden Bildstapel separat ein Merkmalsbild 33R, 33G, 33B ermittelt. Dieses wird in weiterer Folge als Farb-Merkmalsbild 33R, 33G, 33B dem jeweiligen Farbkanal zugeordnet.

[0037] Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die so erhaltenen Farb-Merkmalsbilder 33R, 33G, 33B mit auf dieselbe Weise erhaltenen Farb-Merkmalsbildern des Referenzgegenstands zu vergleichen und derart die Übereinstimmung zu überprüfen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird jedoch vor dem Vergleich mit dem Referenzbild aus den Farb-Merkmalsbildern 33R, 33G, 33B ein Merkmalsbild 33 erstellt, wobei die Merkmalswerte 37x, 37y pixelweise durch Verknüpfung der Merkmalswerte einander in ihrer Lage entsprechender Bildpunkte 34x, 34y der Farbkanalsmerkmalsbilder erstellt werden. Als Merkmal 37x, 37y kann beispielsweise der Mittelwert, die Summe oder das Maximum der jeweiligen Merkmale in den Farb-Merkmalsbildern 33R, 33G, 33B an der betreffenden Position herangezogen werden.

[0038] Bei einer fünften Ausführungsform der Erfindung werden jedem Bildpunkt 34x, 34y jedes Farb-Merkmalsbilds 33R, 33G, 33B sowohl die Exzentrizität e als auch der Ausrichtungswinkel ω als charakteristische Merkmale zugeordnet. Bei der Erstellung des Merkmals-

bilds 33 wird für jeden Bildpunkt 34x, 34y jeweils pixelweise untersucht, für welchen Bildkanal jeweils die größte Exzentrizität vorliegt. Der Ausrichtungswinkel ω desjenigen Farbkanals im jeweiligen Bildpunkt 34x, 34y wird als Merkmal 37x, 37y herangezogen, dessen Exzentrizität für diesen Bildpunkt 34x, 34y am größten ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Vergleich der Oberfläche eines Gegenstands (10), insbesondere einer Banknote, einer Chipkarte oder eines Ausweises, umfassend einem DOVID-Bereich (11), mit einem Referenzgegenstand (20), ebenfalls umfassend einen DOVID-Bereich (21),

a) wobei der Gegenstand (10) von einer Bildaufnahmeeinheit (30) aufgenommen wird und derart Digitalbilder (32a, 32b, ...) gleicher Größe erstellt werden, wobei jedes Digitalbild (32a, 32b, ...) jeweils unter einer Beleuchtung eines Leuchtmittels (31a, 31b, ...) mit jeweils unterschiedlichem Einstrahlungswinkel (φ , θ) erstellt wird, und derart ein Bildstapel (39) umfassend die einzelnen Digitalbilder (32a, 32b, ...) erstellt wird,

b) wobei ein Merkmalsbild (33) erstellt wird, das dieselbe Größe aufweist wie die erstellten Digitalbilder (32a, 32b, ...), wobei für jeden Bildpunkt (34x, 34y, ...) des Merkmalsbilds (33)

- jeweils eine Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) aus den dem jeweiligen Bildpunkt (34x-34y) des Merkmalsbildes (33) lageentsprechenden Bildpunkten der einzelnen Digitalbilder (32a, 32b) ermittelt wird, die angibt, wie stark der in dem Bildpunkt (34x, 34y, ...) abgebildete Teil des DOVID-Bereichs (11) bei einer Beleuchtung unter dem jeweiligen Einfallswinkel (φ , θ) Licht reflektiert, und

- aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) ein oder mehrere charakteristische Merkmale (37x, 37y, ...) extrahiert werden und dem jeweiligen Bildpunkt (34x, 34y, ...) des Merkmalsbilds (33) zugeordnet werden, und

c) wobei das Merkmalsbild (33) mit einem nach denselben Kriterien von einem Referenzgegenstand (20) erstellten Referenz-Merkmalsbild (23) verglichen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) die Exzentrizität (e) als charakteristisches Merkmal (37x, 37y, ...) extrahiert wird, und/oder dass aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) der Ausrich-

- tungswinkel (ω) als charakteristisches Merkmal (37) extrahiert wird, der angibt, nach welcher Verkipprichtung der DOVID-Bereich (11) seine Reflektivität am stärksten oder am wenigsten ändert oder der die dominante Richtung der Reflexionsverteilung in der Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) angibt.
2. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** das Merkmalsbild (33) und das Referenz-Merkmalsbild (23) miteinander verglichen werden, indem ausgehend vom Merkmalsbild (33) ein Histogramm (38) erstellt wird, das die Häufigkeit des Vorkommens eines Merkmalswerts innerhalb eines bestimmten Wertebereichs angibt,
 - **dass** für das Referenz-Merkmalsbild (23) nach denselben Kriterien ein Referenz-Histogramm (28) erstellt wird, und
 - **dass** das Histogramm (38) des Merkmalsbilds (33) mit dem Referenz-Histogramm (28) des Referenz-Merkmalsbilds (23) auf Übereinstimmung verglichen wird und eine große Übereinstimmung der Histogramme (28, 38) einer großen Übereinstimmung der DOVID-Bereiche der Gegenstände (20, 30) gleichgehalten wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** zur Erstellung des Merkmalsbilds (33) aus der Beleuchtungsverteilungsfunktion (36x, 36y, ...) der Ausrichtungswinkel (ω) als Merkmal (37) extrahiert wird, und
 - **dass** vor dem Vergleich des Histogramms (38) mit dem Referenz-Histogramm (28) beide Histogramme (28, 38) Fourier-transformiert werden und die Fourier-Transformierten der beiden Histogramme (28, 38) miteinander verglichen werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
- **dass** vom Gegenstand (10) von einer Bildaufnahmeeinheit (30) jeweils unter einer Beleuchtung eines Leuchtmittels (31a, 31b, ...) mit jeweils unterschiedlichem Einstrahlungswinkel (φ , θ) jeweils ein Mehrfarben-Digitalbild (32a, 32b) aufgenommen wird, und diese Mehrfarben-Digitalbilder (32a, 32b, ...) untereinander jeweils gleiche Größe aufweisen,
 - **dass** die einzelnen Bildkanäle der Mehrfarben-Digitalbilder (32a, 32b, ...) separat behandelt werden und für jeden Bildkanal ein eigener Bildstapel (39R, 39G, 39B) erstellt wird,
 - **dass** nach einem der vorangehenden Ansprüche jeweils für jeden der Bildstapel (39R, 39G, 39B) separat ein Merkmalsbild (33R, 33G, 33B) ermittelt und als Farbkanal-Merkmalsbild (33R, 33G, 33B) dem jeweiligen Farbkanal zugeordnet wird und die Farbkanal-Merkmalsbilder (33R, 33G, 33B) zum Vergleich mit auf dieselbe Weise erstellten Referenz-Farbkanal-Merkmalsbildern (23R, 23G, 23B) herangezogen werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Farbkanal-Merkmalsbildern (33R, 33G, 33B) ein Merkmalsbild (33) erstellt wird, indem der jeweilige Merkmalswert durch pixelweise Verknüpfung der Merkmalswerte der Farbkanal-Merkmalsbilder, insbesondere durch Bildung des Mittelwerts, der Summe oder eines Maximums, gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedem Bildpunkt (34x, 34y) jedes Farbkanal-Merkmalsbildes (33R, 33G, 33B) jeweils sowohl Exzentrizität (e) als auch Ausrichtungswinkel (ω) zugeordnet werden und ein Merkmalsbild (33) durch pixelweises Heranziehen des Ausrichtungswinkels (ω) desjenigen Farbkanals im jeweiligen Bildpunkt (34x, 34y) als Merkmal (37x, 37y) gebildet wird, dessen Exzentrizität (e) für diesen Bildpunkt (34x, 34y) am größten ist.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erstellung des Referenz-Merkmalsbilds (23) aufgrund der Vermessung eines Referenz-Gegenstands (20) mit einem DOVID-Bereich (21) nach einem der vorangehenden Ansprüche analog der Erstellung des Merkmalsbilds vorgenommen wird.
8. Datenträger, auf dem ein Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche abgespeichert ist.

Claims

1. Method for comparing the surface of an object (10), in particular a banknote, a chip card or an identity card, comprising a DOVID area (11), with a reference object (20) also comprising a DOVID area (21),
- a) wherein the object (10) is imaged by an image acquisition unit (30) and digital images (32a, 32b, ...) of the same size are created in this way, wherein each digital image (32a, 32b, ...) is created in each case using illumination from an illuminant (31a, 31b, ...) with a different angle of irradiation (φ , θ) in each case, and an image

stack (39) comprising the individual digital images (32a, 32b, ...) is created in this way,
 b) wherein a feature image (33) having the same size as the created digital images (32a, 32b, ...) is created, wherein for each pixel (34x, 34y, ...) of the feature image (33)

- in each case an illumination distribution function (36x, 36y, ...) is determined from the pixels of the individual digital images (32a, 32b) corresponding in position to the respective pixel (34x-34y) of the feature image (33), which illumination distribution function indicates to what extent the part of the DOVID area (11) depicted in the pixel (34x, 34y, ...) reflects light when illuminated at the respective angle of incidence (φ , θ), and
- one or more characteristic features (37x, 37y, ...) are extracted from the illumination distribution function (36x, 36y, ...) and assigned to the respective pixel (34x, 34y, ...) of the feature image (33), and

c) wherein the feature image (33) is compared with a reference feature image (23) created from a reference object (20) according to the same criteria, **characterised in that** the eccentricity (e) is extracted as a characteristic feature (37x, 37y, ...) from the illumination distribution function (36x, 36y, ...), and/or **in that** the orientation angle (ω) is extracted from the illumination distribution function (36x, 36y, ...) as a characteristic feature (37), which orientation angle indicates the tilt direction in which the DOVID area (11) changes its reflectivity the most or the least or indicates the dominant direction of the reflection distribution in the illumination distribution function (36x, 36y, ...).

2. Method according to any of the preceding claims, characterised in that

- the feature image (33) and the reference feature image (23) are compared with one another by creating a histogram (38) on the basis of the feature image (33), which histogram indicates the frequency with which a feature value occurs within a specific value range,
- a reference histogram (28) is created for the reference feature image (23) according to the same criteria, and
- the histogram (38) of the feature image (33) is compared with the reference histogram (28) of the reference feature image (23) to check whether there is a match, and a strong match between the histograms (28, 38) is considered to be equivalent to a strong match between the

DOVID areas of the objects (20, 30).

3. Method according to claim 2, characterised in that

- in order to create the feature image (33), the orientation angle (ω) is extracted as a feature (37) from the illumination distribution function (36x, 36y, ...), and
- before the histogram (38) is compared with the reference histogram (28), both histograms (28, 38) are Fourier-transformed and the Fourier transforms of the two histograms (28, 38) are compared with one another.

4. Method according to any of the preceding claims, characterised in that

- a multicolour digital image (32a, 32b) of the object (10) is in each case acquired by an image acquisition unit (30) using illumination from an illuminant (31a, 31b, ...) with a different angle of irradiation (φ , θ) in each case, and these multicolour digital images (32a, 32b, ...) in each case have the same size as one another,
- the individual image channels of the multicolour digital images (32a, 32b, ...) are treated separately and a dedicated image stack (39R, 39G, 39B) is created for each image channel,
- in accordance with any of the preceding claims, a feature image (33R, 33G, 33B) is determined separately for each of the image stacks (39R, 39G, 39B) in each case and is assigned as a colour channel feature image (33R, 33G, 33B) to the respective colour channel, and the colour channel feature images (33R, 33G, 33B) are used for comparison with reference colour channel feature images (23R, 23G, 23B) created in the same way.

5. Method according to claim 4, characterised in that
 a feature image (33) is created from the colour channel feature images (33R, 33G, 33B) by forming the respective feature value by linking, on a pixel-by-pixel basis, the feature values of the colour channel feature images, in particular by forming the mean value, the sum or a maximum.

6. Method according to claim 4, characterised in that
 each pixel (34x, 34y) of each colour channel feature image (33R, 33G, 33B) is assigned both an eccentricity (e) and an orientation angle (ω), and a feature image (33) is formed by using, as a feature (37x, 37y), on a pixel-by-pixel basis, the orientation angle (ω) of that colour channel in the respective pixel (34x, 34y) whose eccentricity (e) is greatest for said pixel (34x, 34y).

7. Method according to any of the preceding claims,

characterised in that the creation of the reference feature image (23) is performed based on the measurement of a reference object (20) having a DOVID area (21) according to any of the preceding claims in a manner analogous to the creation of the feature image.

8. Data carrier on which a computer program for carrying out a method according to any of the preceding claims is stored.

Revendications

1. Procédé de comparaison de la surface d'un objet (10), en particulier un billet de banque, une carte à puce ou une carte d'identité, comprenant une zone DOVID (11), avec un objet de référence (20), comprenant également une zone DOVID (21),

a) dans lequel l'objet (10) est enregistré par une unité d'enregistrement d'image (30) et des images numériques (32a, 32b, ...) de même taille sont ainsi créées, dans lequel chaque image numérique (32a, 32b, ...) est créée sous un éclairage d'une source lumineuse (31a, 31b, ...) avec respectivement un angle de rayonnement différent (φ , θ), et une pile d'images (39) comprenant les images numériques individuelles (32a, 32b, ...) est ainsi créée,

b) dans lequel une image caractéristique (33) est créée, qui présente la même taille que les images numériques créées (32a, 32b, ...), dans lequel, pour chaque pixel (34x, 34y, ...) de l'image caractéristique (33)

- une fonction de distribution d'éclairage respective (36x, 36y, ...) est déterminée à partir des pixels des images numériques individuelles (32a, 32b) qui correspondent au pixel respectif (34x-34y) de l'image caractéristique (33), qui indique dans quelle mesure la partie de la zone DOVID (11) représentée dans le pixel (34x, 34y, ...) réfléchit la lumière en cas d'éclairage sous l'angle d'incidence respectif (φ , θ), et

- à partir de la fonction de répartition d'éclairage (36x, 36y, ...) une ou plusieurs caractéristiques (37x, 37y, ...) sont extraites et associées au pixel respectif (34x, 34y, ...) de l'image caractéristique (33), et

c) dans lequel l'image caractéristique (33) est comparée à une image caractéristique de référence (23) créée selon les mêmes critères à partir d'un objet de référence (20), **caractérisé en ce que** l'excentricité (e) est extraite de la fonction de répartition d'éclairage (36x, 36y, ...) en

tant que caractéristique (37x, 37y, ...), et/ou **en ce que** l'angle d'orientation (ω) est extrait de la fonction de répartition d'éclairage (36x, 36y, ...) en tant que caractéristique (37), qui indique selon quelle direction d'inclinaison la zone DOVID (11) modifie le plus ou le moins sa réflectivité ou indique la direction dominante de la répartition de réflexion dans la fonction de répartition d'éclairage (36x, 36y, ...).

2. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce**

- **que** l'image caractéristique (33) et l'image caractéristique de référence (23) sont comparées, en ce

qu'à partir de l'image caractéristique (33), un histogramme (38) est créé, qui indique la fréquence de l'apparition d'une valeur caractéristique au sein d'une certaine plage de valeurs,

- **qu'un** histogramme de référence (28) est créé pour l'image caractéristique de référence (23) selon les mêmes critères, et

- **que** l'histogramme (38) de l'image caractéristique (33) est comparé à l'histogramme de référence (28) de l'image caractéristique de référence (23) pour en déterminer la concordance et en ce qu'une grande concordance des histogrammes (28, 38) est maintenue égale à une grande concordance des plages DOVID des objets (20, 30).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce**

- **que**, pour créer l'image caractéristique (33), l'angle d'orientation (ω) est extrait de la fonction de répartition de l'éclairage (36x, 36y, ...) en tant que caractéristique (37), et

- **que**, avant la comparaison de l'histogramme (38) avec l'histogramme de référence (28), les deux histogrammes (28, 38) sont soumis à une transformation de Fourier et les transformées de Fourier des deux histogrammes (28, 38) sont comparées entre elles.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce**

- **qu'une** image numérique multicolore (32a, 32b) de l'objet (10) est respectivement enregistrée par une unité d'enregistrement d'image (30) sous un éclairage d'une source lumineuse (31a, 31b, ...) avec un angle d'incidence (φ , θ) respectivement différent, et ces images numériques multicolores (32a, 32b, ...) présentent respectivement la même taille entre elles,

- **que** les canaux d'image individuels des images numériques multicolores (32a, 32b, ...) sont traités

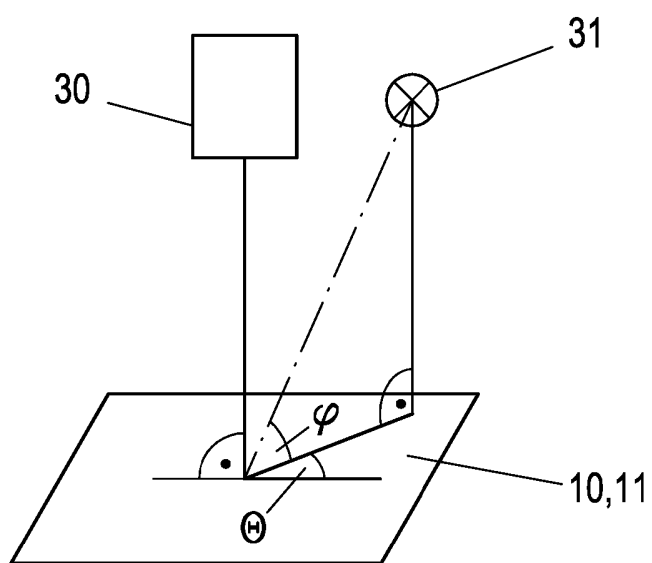
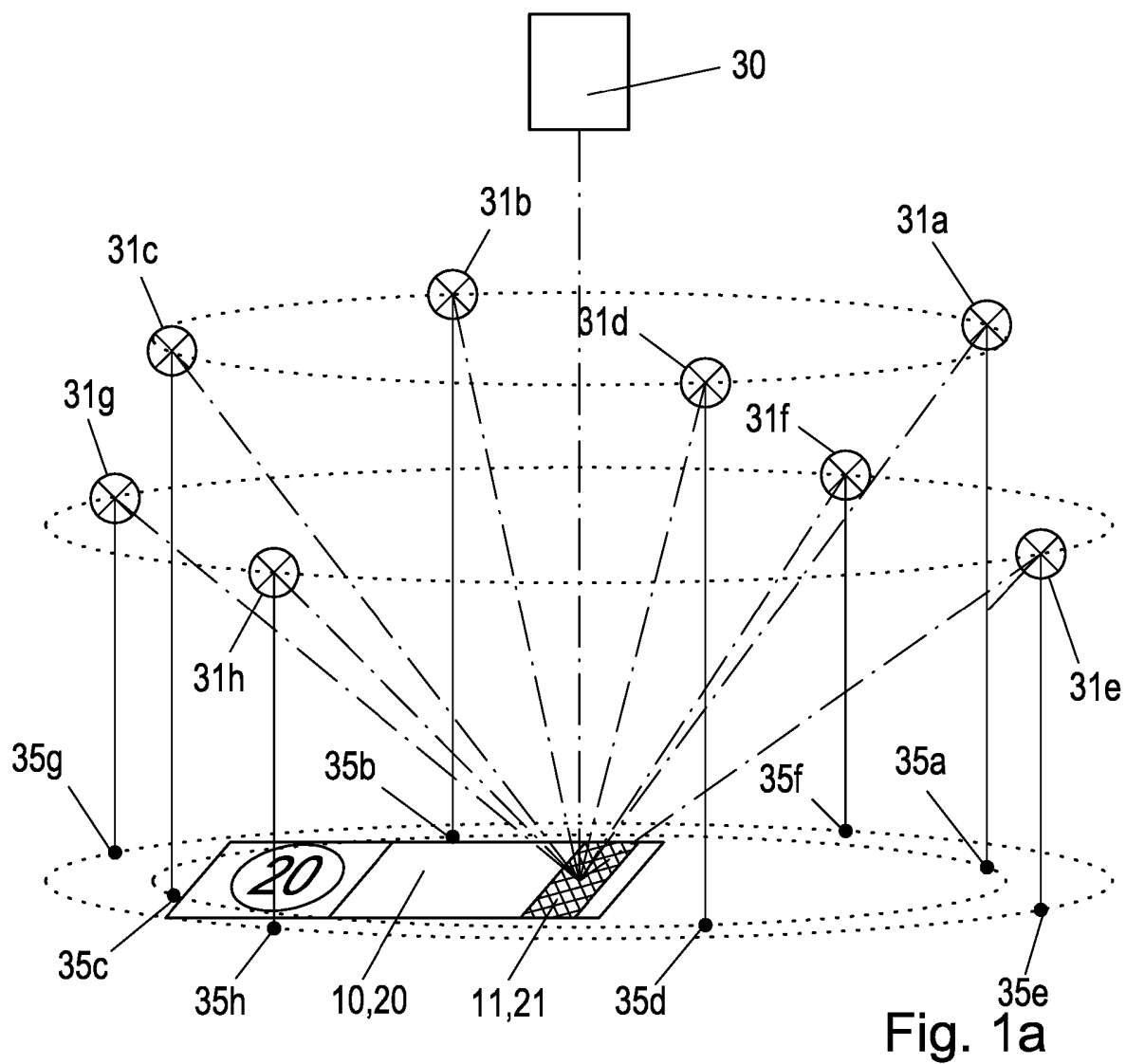
tés séparément et une pile d'images (39R, 39G, 39B) dédiée est créée pour chaque canal d'image,

- **que**, selon l'une quelconque des revendications précédentes, une image caractéristique (33R, 33G, 33B) est respectivement déterminée séparément pour chacune des piles d'images (39R, 39G, 39B) et est associée au canal de couleur respectif en tant qu'image caractéristique de canal de couleur (33R, 33G, 33B) et les images caractéristiques de canal de couleur (33R, 33G, 33B) sont utilisées pour la comparaison avec des images caractéristiques de canal de couleur de référence (23R, 23G, 23B) créées de la même manière.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'une** image caractéristique (33) est créée à partir des images caractéristiques de canal de couleur (33R, 33G, 33B), **en ce que** la valeur caractéristique respective est formée en reliant les valeurs caractéristiques des images caractéristiques de canal de couleur pixel par pixel, en particulier en formant la valeur moyenne, la somme ou un maximum.
6. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** chaque pixel (34x, 34y) de chaque image caractéristique de canal de couleur (33R, 33G, 33B) est respectivement associé à la fois à l'excentricité (e) et à l'angle d'orientation (ω) et une image caractéristique (33) est formée en utilisant pixel par pixel l'angle d'orientation (ω) du canal de couleur dans le pixel respectif (34x, 34y) en tant que caractéristique (37x, 37y) dont l'excentricité (e) est la plus grande pour ce pixel (34x, 34y).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la création de l'image caractéristique de référence (23) est effectuée sur la base de la mesure d'un objet de référence (20) avec une zone DOVID (21) selon l'une quelconque des revendications précédentes, de manière analogue à la création de l'image caractéristique.
8. Support de données sur lequel un programme informatique est enregistré pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

50

55



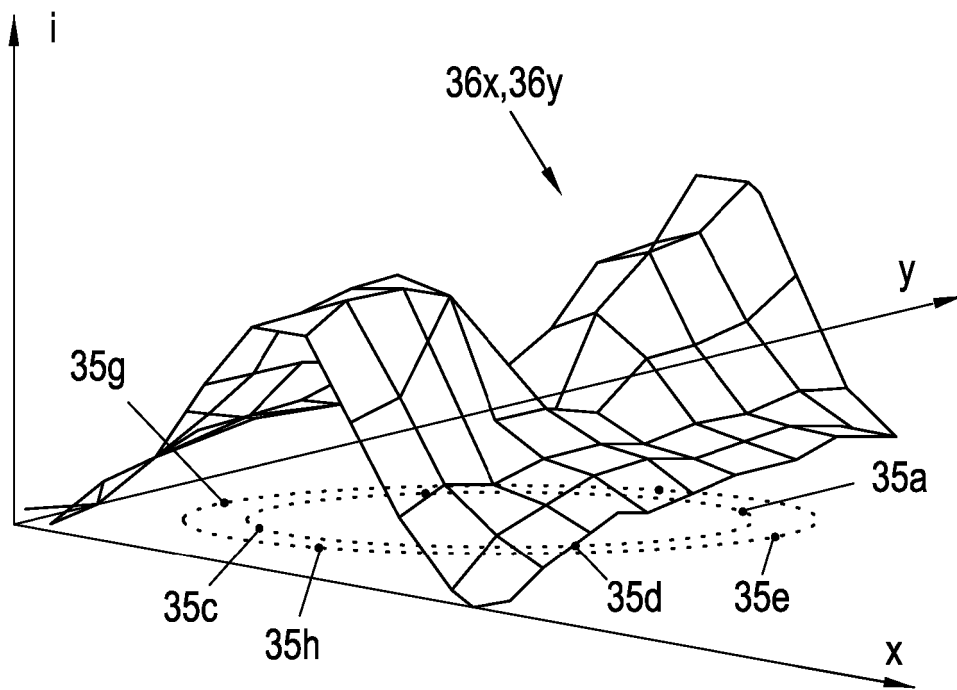


Fig. 2

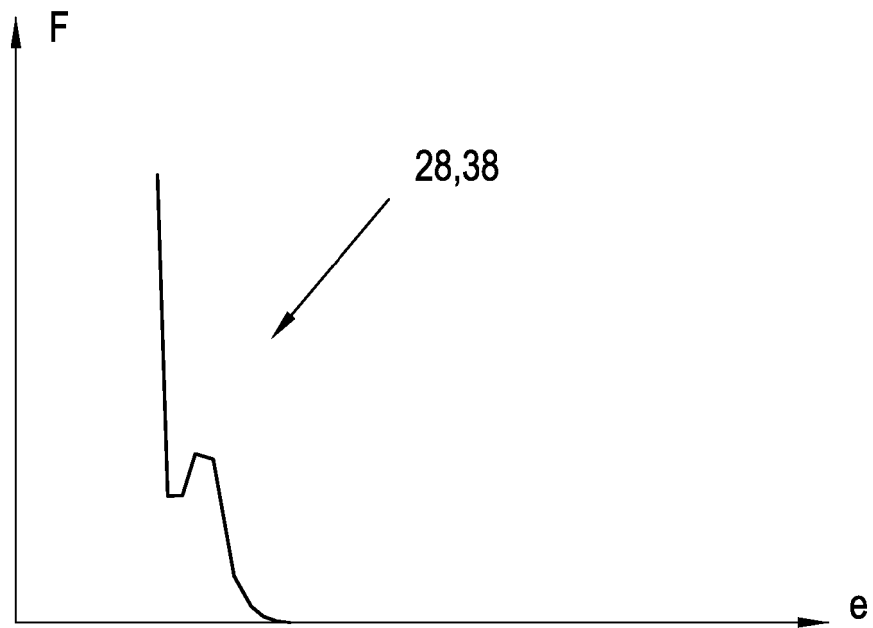


Fig. 3

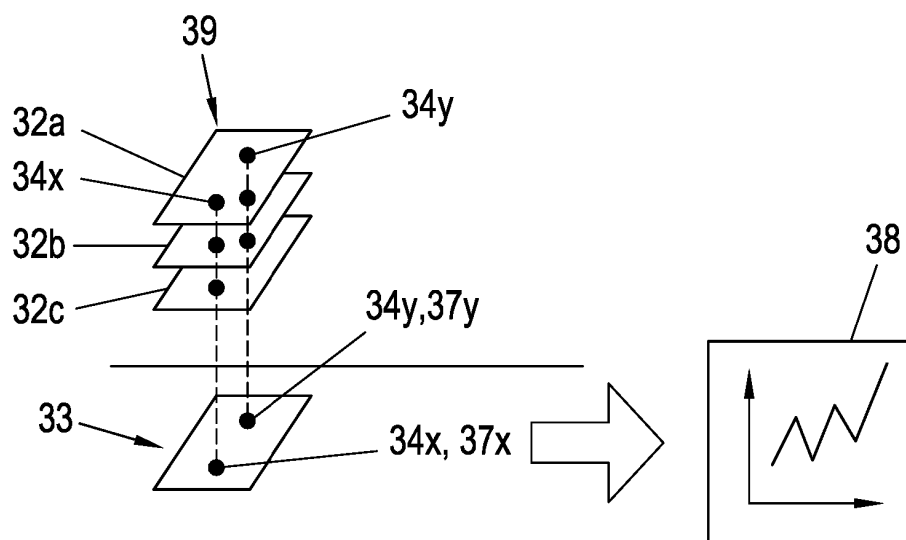


Fig. 5

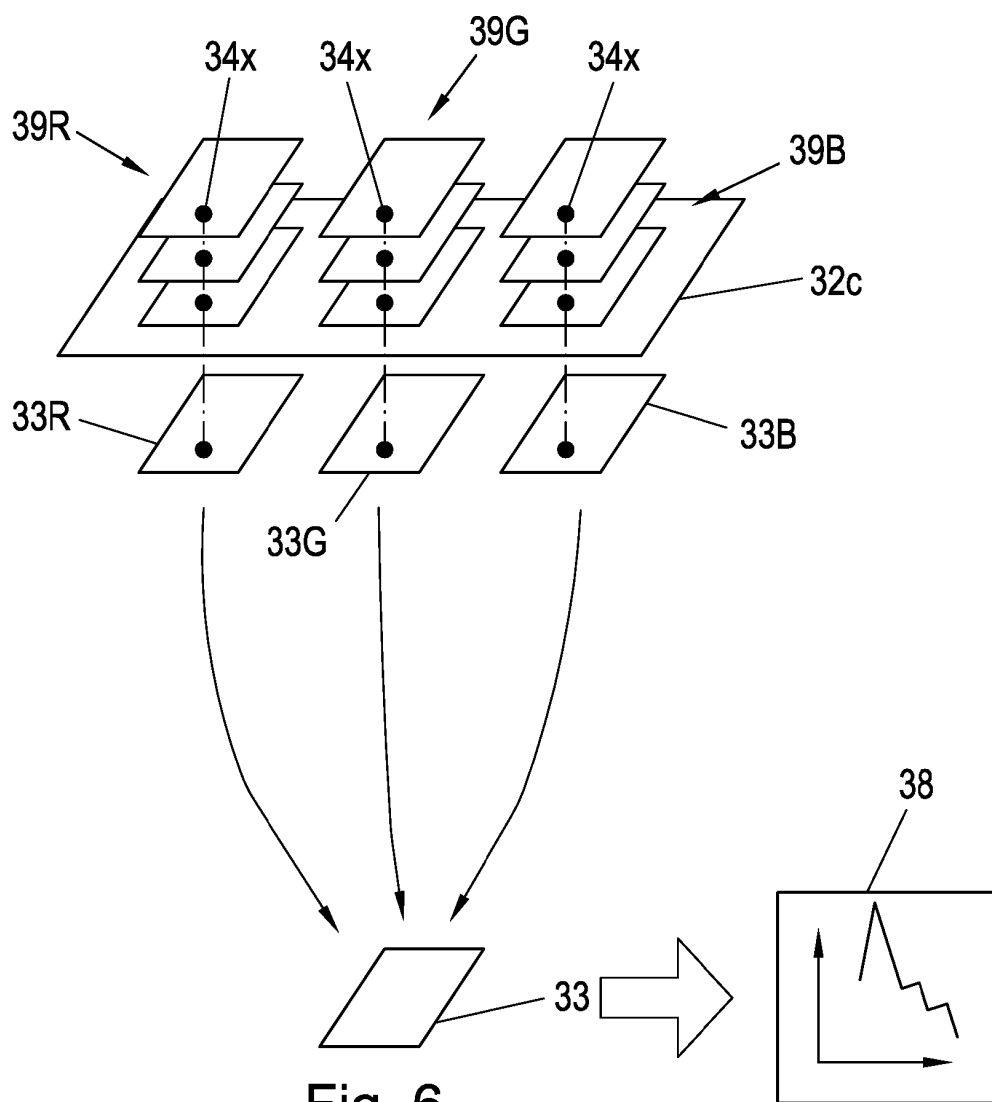


Fig. 6

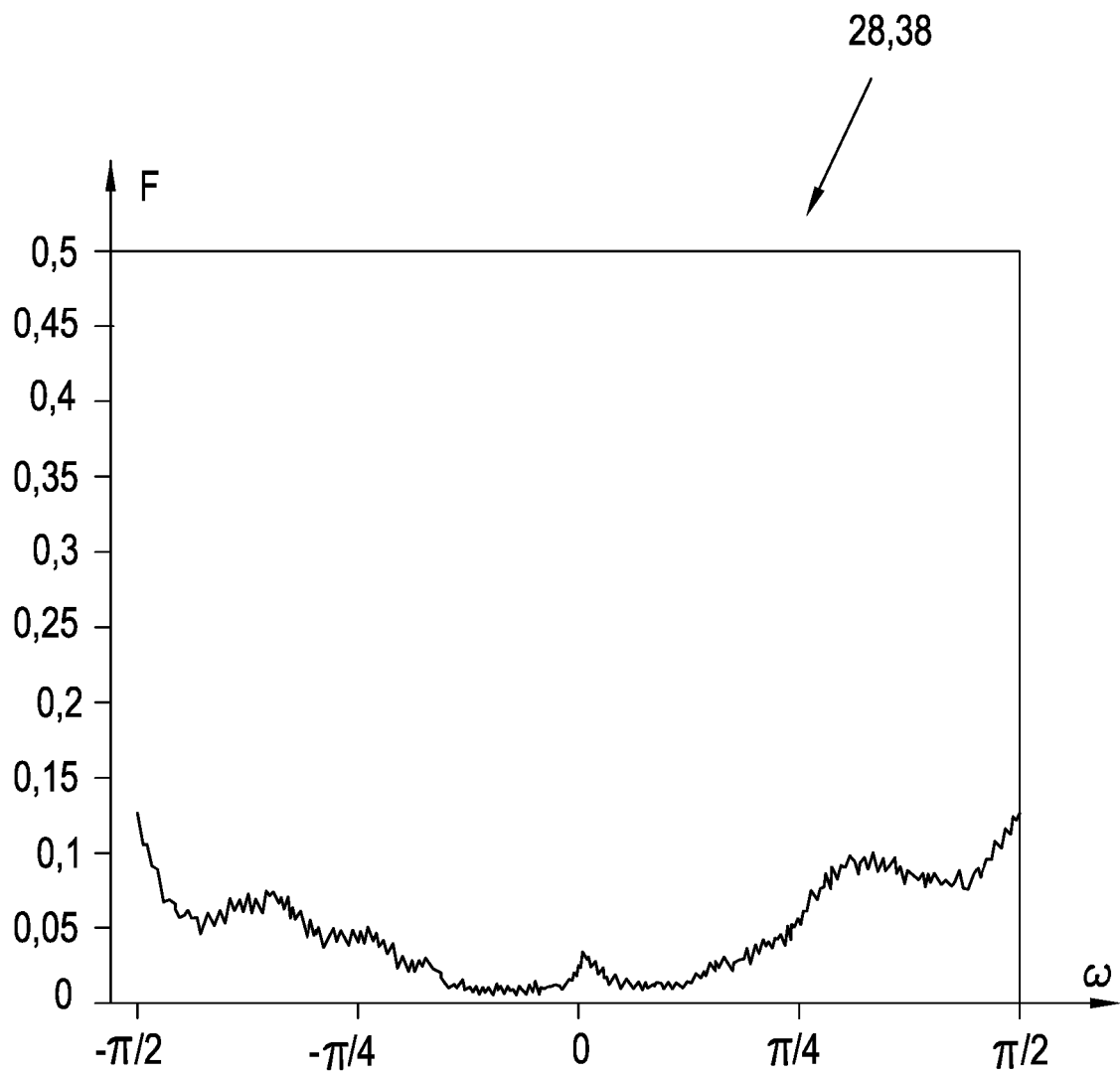


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1835469 A2 [0002]