



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 032 997 A1** 2007.01.18

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 032 997.7**

(22) Anmeldetag: **14.07.2005**

(43) Offenlegungstag: **18.01.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G02B 27/44** (2006.01)

**G02B 5/32** (2006.01)

**G03H 1/24** (2006.01)

**B44F 1/12** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Giesecke & Devrient GmbH, 81677 München, DE**

(72) Erfinder:

**Kaule, Wittich, Dr., 82275 Emmering, DE; Dichtl,**

**Marius, Dr., 81371 München, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Gitterbild und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Gitterbild (12) zur Darstellung zumindest eines ungerasterten Halbtonbildes mit mehreren Helligkeitsstufen, wobei das Gitterbild mehrere Gitterfelder (22-1, 22-2, 22-3) aufweist, die jeweils ein elektromagnetische Strahlung beeinflussendes Gittermuster aus einer Vielzahl von Strichgitterlinien enthalten und die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich des Halbtonbildes mit gleicher Helligkeitsstufe erzeugen.

12

22-2

22-3

22-1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Gitterbild zur Darstellung zumindest eines Halbtonbildes, sowie ein Verfahren zur Herstellung derartiger Gitterbilder.

### Stand der Technik

**[0002]** Es ist bekannt, Hologramme, holographische Gitterbilder und andere hologrammähnliche Beugungsstrukturen zur Echtheitsabsicherung von Kreditkarten, Wertdokumenten, Produktverpackungen und dergleichen einzusetzen. Derartige Beugungsstrukturen werden im Allgemeinen durch die Belichtung einer lichtempfindlichen Schicht mit überlagerter kohärenter Strahlung hergestellt. Echte Hologramme entstehen dabei, indem ein Objekt mit kohärentem Laserlicht beleuchtet wird und das von dem Objekt gestreute Laserlicht mit einem unbeeinflussten Referenzstrahl in der lichtempfindlichen Schicht überlagert wird.

**[0003]** Bestehen die in der lichtempfindlichen Schicht überlagerten Lichtstrahlen andererseits aus räumlich ausgedehnten, einheitlichen kohärenten Wellenfeldern, so entstehen bei der Überlagerung holographische Beugungsgitter. Die Einwirkung der überlagerten Wellenfelder auf die lichtempfindliche Schicht, wie etwa einen photographischen Film oder eine Photoresistschicht, erzeugt dort ein holographisches Beugungsgitter, das beispielsweise in Form heller und dunkler Linien in einem photographischen Film oder in Form von Bergen und Tälern in einer Photoresistschicht konserviert werden kann. Da die Lichtstrahlen in diesem Fall nicht durch ein Objekt gestreut werden, erzeugt das holographische Beugungsgitter lediglich einen optisch variablen Farbeindruck, jedoch keine Bilddarstellung.

**[0004]** Auf Grundlage holographischen Beugungsgittern lassen sich holographische Gitterbilder erzeugen, indem nicht die gesamte Fläche des lichtempfindlichen Materials mit einem einheitlichen holographischen Beugungsgitter belegt wird, sondern indem geeignete Masken verwendet werden, um jeweils nur Teile der Aufnahmefläche mit einem von mehreren verschiedenen einheitlichen Gittermustern zu belegen. Ein solches holographisches Gitterbild setzt sich somit aus mehreren Gitterfeldern mit unterschiedlichen Beugungsgittermustern zusammen. Durch geeignete Anordnung der Gitterfelder lässt sich mit einem derartigen holographischen Gitterbild eine Vielzahl unterschiedlicher Bildmotive darstellen.

**[0005]** Bei den Beugungsgittermustern eines holographischen Gitterbilds handelt es sich üblicherweise um Strichgitter mit einer Vielzahl nebeneinander liegender paralleler Gitterlinien. Die Beugungsgitter jeden Gitterfelds bzw. jeden Gitterbildbereichs sind durch die Gitterkonstante und die Winkelorientierung des Gittermusters und den Umriss oder die Kontur des Bereichs charakterisiert. Die Winkelorientierung des Gittermusters wird üblicherweise durch den Azimutwinkel, also den Winkel zwischen den parallelen Gitterlinien und einer willkürlich festgelegten Referenzrichtung beschrieben. Bei holographischen Beugungsgittern werden die Gitterkonstante und der Azimutwinkel üblicherweise über die Wellenlänge und die Einfallsrichtung der belichtenden Wellenfelder eingestellt und die Umrisse der Felder mit Hilfe von Belichtungsmasken erzeugt.

**[0006]** Generell lässt sich sagen, dass die Gitterkonstante des Gittermusters in einem Gitterbildbereich wesentlich für die Farbe dieses Bereichs bei der Betrachtung ist, während der Azimutwinkel für die Sichtbarkeit des Bildbereichs aus bestimmten Richtungen verantwortlich ist. Auf Grundlage dieser Technik können daher optisch variable Bilder, wie etwa Wechsel- oder Bewegungsbilder, oder auch plastisch erscheinende Bilder erzeugt werden.

**[0007]** Halbton-Gitterbilder werden herkömmlich im sogenannten Dot-Matrix-Verfahren ausgeführt, das beispielsweise in der Druckschrift EP 0 423 680 A2 beschrieben ist. Dabei wird das Halbton-Gitterbild aus einer Vielzahl von kleinen, nahezu punktförmigen Bereichen aufgebaut, die typischerweise einen Durchmesser von 10  $\mu\text{m}$  bis 200  $\mu\text{m}$  aufweisen. In diesen Punktbereichen werden mit einer so genannten Dot-Matrix-Hologramm-Maschine holographische Beugungsgitter erzeugt. Derartige Dot-Matrix Hologramm-Maschinen sind allerdings mittlerweile im Handel zu erwerben und damit auch potentiellen Fälschern zugänglich.

### Aufgabenstellung

**[0008]** Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Gitterbild der eingangs genannten Art vorzuschlagen, das eine erhöhte Fälschungssicherheit aufweist und das Halbtonbilder mit hoher optischer Qualität darstellen kann. Darüber hinaus soll ein Verfahren zum Herstellen derartiger Gitterbilder angegeben werden.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch das Gitterbild mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Ein Verfahren zum Herstellen eines solchen Gitterbilds und ein Gegenstand mit einem solchen Gitterbild sind in den nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0010]** Nach der Erfindung ist ein gattungsgemäßes Gitterbild für die Darstellung zumindest eines ungerasterten Halbtonbildes mit mehreren Helligkeitsstufen ausgelegt, wobei das Gitterbild mehrere Gitterfelder aufweist. Die Gitterfelder enthalten jeweils ein elektromagnetische Strahlung beeinflussendes Gittermuster aus einer Vielzahl von Strichgitterlinien. Bei Beleuchtung erzeugen die Gitterfelder jeweils einen flächigen Bereich des Halbtonbildes mit gleicher Helligkeitsstufe.

**[0011]** Die Erfindung beruht dabei auf dem Gedanken, die Fälschungssicherheit von Halbton-Gitterbildern durch die Vermeidung einer Rasterung zu erhöhen. Während Dot-Matrix-Vorrichtungen zur Herstellung gerasteter Gitterbilder im Handel erhältlich sind und damit einem weiten Personenkreis zur Verfügung stehen, ist die Belegung von flächigen, unregelmäßig berandeten Bereichen mit Gittermustern deutlich aufwendiger und nicht für jedermann möglich. Beim Betrachten eines Halbton-Gitterbildes mit einer Lupe kann eine vorliegende Rasterung erkannt werden, es ist somit ohne weiteres möglich, die Echtheit eines als ungerastert bekannten Halbton-Gitterbilds zu prüfen.

**[0012]** Neben dem Aspekt der Fälschungssicherheit führt die Dot-Matrix-Aufteilung auch zu vom Motiv nicht vorgegebenen Lücken und Trennstellen im Gitterbild. Eine ungerasterte Bilddarstellung kann somit eine höher optische Qualität, insbesondere eine höhere Leuchtstärke und klarere Farb- oder Helligkeitsstufendarstellung des Gitterbilds erreichen.

**[0013]** Um einen deutlichen Unterschied zu Rasterbildern zu erzielen, hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn das ungerasterte Halbtonbild nur einige wenige Helligkeitsstufen, insbesondere weniger als zehn Helligkeitsstufen aufweist. Besonders gut haben sich ungerasterte Halbtonbilder mit drei, vier oder fünf Helligkeitsstufen bewährt.

**[0014]** Die Gitterfelder enthalten mit Vorteil zumindest teilweise Gittermuster, die durch eine Gitterkonstante und eine Winkelerorientierung definiert sind, wie weiter unter im Detail erläutert. Alternativ oder zusätzlich können die Gitterfelder auch zumindest teilweise Gittermuster enthalten, die eine Mattstruktur bilden, die bei Betrachtung keine diffraktiven Effekte zeigt. Dadurch können Flächenbereiche mit mattem Erscheinungsbild einfach in ein elektronenstrahlolithographisch erzeugtes Gitterbild integriert werden.

**[0015]** Um eine Mattstruktur zur bilden, sind die Strichgitterlinien in den Gitterfeldern zweckmäßig zufällig zueinander orientiert. Insbesondere variiert die Orientierung der Strichgitterlinien zufällig und sprunghaft. Nähere Details zur Herstellung und den Eigenschaften derartiger Mattstrukturen sind in der PCT/EP2005/000659 angegeben, deren Offenbarung insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

**[0016]** Um bei Beleuchtung die gewünschte Helligkeit eines Gitterfelds zu rekonstruieren, sind die Gitterfelder bevorzugt in einem Flächenanteil mit den jeweiligen Gittermustern gefüllt, der der erzeugten Helligkeitsstufe entspricht. Die Gitterfelder weisen dazu mit Vorteil entsprechend der erzeugten Helligkeitsstufe ineinander verschachtelte, mit Gittermustern gefüllte Bereiche und ungefüllte Bereiche auf.

**[0017]** Nach einer vorteilhaften Erfindungsvariante liegt die Ausdehnung der gefüllten und ungefüllten Bereiche in zumindest einer Dimension unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges. Insbesondere können die gefüllten und ungefüllten Bereiche als schmale Streifen mit einer Breite unterhalb der Auflösungsgrenze des Auges, oder als kleine Flächenelemente beliebiger Form mit einer Größe unterhalb der Auflösungsgrenze des Auges ausgebildet sein.

**[0018]** In alternativen Ausgestaltungen kann die Struktur der gefüllten und angefüllten Bereiche sichtbar sein. Form und Größe der Bereiche werden in diesem Fall so gewählt, dass sie den Bildeindruck nicht stören, sondern vorzugsweise noch unterstützen und beispielsweise zu einem holzschnittartigen oder kupferstichartigen Bildeindruck beitragen.

**[0019]** Die Gitterfelder, die eine Mattstruktur bilden, können auch vollständig mit Strichgitterlinien gefüllt sein und zwar in einer Dichte, die der erzeugten Helligkeitsstufe entspricht.

**[0020]** Die Gittermuster sind vorzugsweise zumindest teilweise aus nicht unterbrochenen Gitterlinien gebildet und mittels eines Lithographieinstruments erzeugt. Die Gitterlinien sind dabei zweckmäßig durch an ihren En-

den angeordnete Umkehrstücke zu mindestens einer mäanderförmig verlaufenden Gitterlinie verbunden.

**[0021]** Nach einer vorteilhaften Weiterbildung stellt das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen jeweils ein Bild, insbesondere ein ungerastertes Halbtonbild dar, so dass für den Betrachter ein Wechselbild, ein Bewegungsbild, ein Stereobild, ein Kulissenbild oder ein Gitterbild mit beim Bewegen konstantem Bildeindruck entsteht. Zumindest eines der von dem Gitterbild dargestellten ungerasterten Halbtonbilder kann zudem ein Echtfarbbild sein.

**[0022]** Die Erfindung enthält auch ein Verfahren zum Erzeugen eines Gitterbild, das zumindest ein ungerastertes Halbtonbild mit mehreren Helligkeitsstufen zeigt. Bei dem erfindungsgemäß Verfahren wird das Gitterbild mit mehreren Gitterfeldern erzeugt, die jeweils ein elektromagnetische Strahlung beeinflussendes Gittermuster aus einer Vielzahl von Strichgitterlinien enthalten, und die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich des Halbtonbildes mit gleicher Helligkeitsstufe erzeugen.

**[0023]** Ausgehend von einem gerasterten Schwarz-Weiß-Halbtonbild wird bei einer bevorzugten Verfahrensvariante

- a) ein gerastertes Schwarz-Weiß-Halbtonbild mit einer Mehrzahl von Bildpunkten vorgegeben, wobei die Bildpunkte jeweils einen Grau-Helligkeitswert aufweisen,
- b) werden die Bildpunkte, deren Helligkeitswerte in einem vorgegebenen Intervall liegen, jeweils zu einem Bildfeld zusammengefasst, so dass ein ungerastertes Helligkeitsstufenbild mit einer vorgewählten Anzahl an diskreten Helligkeitsstufen entsteht,
- c) werden Gitterfelder des Gitterbildes festgelegt, die den zusammengefassten Bildfeldern zugeordnet sind und deren Anordnung innerhalb des Gitterbilds der Anordnung der Bildfelder in dem vorgegebenen Halbtonbild entspricht, und
- d) werden die Gitterfelder mit Gittermustern gefüllt werden, die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich gleicher Helligkeitsstufe innerhalb des ungerasterten Helligkeitsstufenbilds erzeugen.

**[0024]** Ausgehend von einem gerasterten farbigen Halbtonbild wird in einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Verfahrensvariante

- a) ein gerastertes farbiges Halbtonbild mit einer Mehrzahl von Bildpunkten vorgegeben, wobei die Bildpunkte jeweils Helligkeitswerte für gewisse Grundfarben aufweisen,
- b) werden für jede Grundfarbe die Bildpunkte, deren Helligkeitswerte für diese Grundfarbe in einem vorgegebenen Intervall liegen, jeweils zu einem Bildfeld zusammengefasst, so dass für jede Grundfarbe ein ungerastertes Farbauszugsstufenbild mit einer vorgewählten Anzahl an diskreten Helligkeitsstufen entsteht,
- c) werden Gitterfelder des Gitterbildes festgelegt, die den zusammengefassten Bildfeldern zugeordnet sind und deren Anordnung innerhalb des Gitterbilds der Anordnung der Bildfelder in dem vorgegeben farbigen Halbtonbild entspricht, und
- d) werden die Gitterfelder in Farb-Unterbereiche für die Grundfarben unterteilt werden und die Farb-Unterbereiche mit Gittermustern gefüllt, die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich gleicher Helligkeitsstufe der Grundfarbe innerhalb des ungerasterten Helligkeitsstufenbilds für diese Grundfarbe erzeugen.

**[0025]** Als Grundfarben werden mit Vorteil Spektralfarben, insbesondere Rot, Grün und Blau gewählt. Die Ausdehnung der Farb-Unterbereiche wird dabei zweckmäßig in zumindest einer Dimension unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gewählt. Die Farb-Unterbereiche können dazu beispielsweise als schmale Streifen mit einer Breite unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges oder durch kleine Flächenelemente beliebiger Form mit einer Größe unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gebildet sein.

**[0026]** Ebene oder gekrümmte Gitterbilder der beschriebenen Art können auf einfache, nicht holographische Weise erzeugt werden, indem zunächst eine Orientierung für das Gitterbild im Raum festgelegt wird, in welcher das ungerasterte Halbtonbild sichtbar sein soll. Im Schritt d) werden dann ein oder mehrere Unterbereiche innerhalb jedes Gitterfeldes festgelegt und für jeden der Unterbereiche wird aus der festgelegten Orientierung des Gitterbilds und des Helligkeitswerts des Gitterfeldes unter Verwendung der Beziehung

$$\vec{n}(\vec{r}) \times (\vec{k}'(\vec{r}) - \vec{k}(\vec{r})) = m\vec{g} \quad (L)$$

ein Gittermuster mit einer Gitterkonstante und einer Winkelorientierung bestimmt, wobei  $\vec{r}$  einen Bezugspunkt in dem Unterbereich des Gitterbilds,  $\vec{n}'(\vec{r})$ ,  $\vec{k}'(\vec{r})$  und  $\vec{k}(\vec{r})$  den Normalenvektor, den Betrachtungsvektor bzw. den Beleuchtungsvektor im Bezugspunkt  $\vec{r}$ ,  $m$  die Beugungsordnung und  $\vec{g}$  den Gittervektor für den Unterbereich darstellen.

**[0027]** In der angegebenen Beziehung (L) stellt der Beleuchtungsvektor  $\vec{k}(\vec{r})$  einen Vektor der Länge  $2\pi/\lambda$  dar, dessen Richtung durch die Verbindungslinie zwischen einem Beleuchtungspunkt und dem Bezugspunkt des jeweiligen Unterbereichs gegeben ist.  $\lambda$  ist dabei die ausgewählte Wellenlänge aus dem Spektrum des einfallenden Lichts, die zum Erzeugen der Echtfarbe benötigt wird. Der Betrachtungsvektor  $\vec{k}'(\vec{r})$  ist ein Vektor der Länge  $2\pi/\lambda$ , dessen Richtung durch die Verbindungslinie zwischen dem Bezugspunkt des jeweiligen Unterbereichs und einem Betrachtungspunkt gegeben ist. Das Gittermuster ist durch den Gittervektor  $\vec{g}$  charakterisiert, der einen Vektor der Länge  $2\pi/a$  darstellt, der in Richtung parallel zu den Gitterlinien zeigt.  $a$  ist dabei die Gitterkonstante, d.h. der Abstand der Gitterlinien. Die Lage des im allgemeinen Fall gekrümmten Gitterbilds im Raum wird durch den Normalenvektor  $\vec{n}(\vec{r})$  angegeben, der einen Vektor der Länge 1 darstellt, der senkrecht auf der lokalen Gitterebene steht.

**[0028]** Die Formel (L) stellt eine Beziehung her zwischen Gitterkonstante und gebeugter Wellenlänge unter Einbeziehung der Winkel zwischen Beleuchtungsrichtung, Betrachtungsrichtung und Gitterlage im Raum. Die Vektorformel (L) ist unabhängig von Koordinatensystemen. Die Vektoren können beliebig im Raum liegen. Je nach Wahl des Koordinatensystems und der zur Beschreibung konkret verwendeten Größen lässt sich die Beziehung (L) in verschiedener Weise darstellen.

**[0029]** Die lokale Beziehung (L) beschreibt in allgemeinsten Form den Zusammenhang zwischen den lokalen, ortsabhängigen Vektoren. In vielen Situationen können die lokalen Vektoren durch konstante, globale Vektoren ersetzt und die Berechnung dadurch vereinfacht werden. Insbesondere kann die lokale Beziehung (L) unter bestimmten Voraussetzungen durch die einfachere, globale Beziehung

$$\vec{n} \times (\vec{k}' - \vec{k}) = m\vec{g} \quad (G)$$

ersetzt werden. Nähere Details sind in der PCT/EP2004/011497 und den deutschen Patentanmeldungen 10 2004 006 771.6 und 10 2004 060 672.2 angegeben, deren Offenbarungen insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen werden.

**[0030]** Handelt es sich bei dem vorgegebenen Halbtonbild um ein Farbbild, so werden zweckmäßig nach der Festlegung der Orientierung des Gitterbilds im Raum in Schritt d) ein oder mehrere weitere Unterbereiche innerhalb der Farb-Unterbereiche jedes Gitterfeldes festgelegt und es wird für jeden der weiteren Unterbereiche aus der festgelegten Orientierung des Gitterbilds, der Grundfarbe und des Helligkeitswerts des Farb-Unterbereichs unter Verwendung der Beziehung (L) ein Gittermuster mit einer Gitterkonstante und einer Winkelorientierung bestimmt, wobei  $\vec{r}$  einen Bezugspunkt in dem Unterbereich des Gitterbilds,  $\vec{n}'(\vec{r})$ ,  $\vec{k}'(\vec{r})$  und  $\vec{k}(\vec{r})$  den Normalenvektor, den Betrachtungsvektor bzw. den Beleuchtungsvektor im Bezugspunkt  $\vec{r}$ ,  $m$  die Beugungsordnung und  $\vec{g}$  den Gittervektor für den weiteren Unterbereich darstellen.

**[0031]** Das Gitterbild kann in unterschiedlichen Orientierungen mehrere Bilder, insbesondere mehrere ungerasterte Halbtonbilder zeigen, wobei die genannten Schritte für jedes der mehreren Bilder durchgeführt werden. Die Gitterfelder der mehreren Bilder werden dann zweckmäßig ineinander verschachtelt, wozu die Gitterfelder bevorzugt in schmale Streifen zerlegt und die schmalen Streifen der zu verschiedenen Bildern gehörenden Gitterfelder alternierend nebeneinander angeordnet werden. Die Breite der schmalen Streifen wird mit Vorteil unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gewählt, wobei die schmalen Streifen bevorzugt parallel zu einer Dreh- oder Kippachse des Gitterbildes ausgerichtet werden. Alternativ können die Gitterfelder auch in beliebig geformte kleine Teilbereiche zerlegt werden und die kleinen Teilbereiche der Gitterfelder ineinander verschachtelt angeordnet werden. Zumindest eine charakteristische Abmessung der kleinen Teilbereiche wird in diesem Fall zweckmäßig unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gewählt.

**[0032]** Die Erfindung umfasst auch einen Gegenstand mit einem nach dem beschriebenen Verfahren erzeugten Gitterbild. In einer bevorzugten Ausgestaltung stellt der Gegenstand ein Sicherheitselement zum Aufbringen auf einen Datenträger, insbesondere einen Sicherheitsfaden, ein Etikett oder ein Transferelement dar. Es ist ebenfalls bevorzugt, wenn der Gegenstand ein Datenträger, insbesondere eine Banknote, ein Wertdokument, ein Pass, eine Ausweiskarte oder eine Urkunde ist. Der Gegenstand kann insbesondere im Bereich des Gitterbilds gekrümmt, etwa zylindrisch gekrümmt sein.

**[0033]** Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Zur besseren Anschaulichkeit wird in den Figuren auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Darstellung verzichtet.

**[0034]** Es zeigen:

[0035] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem Gitterbild nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0036] [Fig. 2](#) das Gitterbild der [Fig. 1](#) im Detail,

[0037] [Fig. 3](#) in (a) ein vorgegebenes gerastertes Halbtonbild, in (b) das durch Zusammenfassung von Bildpunkten erhaltene ungerasterte Halbtonbild mit drei Helligkeitsstufen, und in (c) die Konturlinien eines der flächigen Bereiche von (b),

[0038] [Fig. 4](#) einen Ausschnitt eines mit Gittermustern belegten Gitterfeldes eines ungerasterten Halbton-Gitterbilds,

[0039] [Fig. 5](#) die geometrischen Verhältnisse bei der Betrachtung eines Gitterbilds zur Definition der auftretenden Größen, und

[0040] [Fig. 6](#) in (a) und (b) jeweils Gitterfelder mit einem elektromagnetisch aktiven Gittermuster, deren Strichgitterlinien völlig zufällig zueinander orientiert sind.

#### Ausführungsbeispiel

[0041] Die Erfindung wird nun am Beispiel einer Banknote erläutert. [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Banknote **10**, die auf ihrer Vorderseite mit einem erfindungsgemäßen Gitterbild **12** versehen ist. Im Ausführungsbeispiel wurde das Gitterbild **12** dazu auf einem Transferelement erzeugt, das auf das Banknotensubstrat aufgeklebt ist.

[0042] Es versteht sich, dass die Erfindung nicht auf Transferelemente und Banknoten beschränkt ist, sondern überall eingesetzt werden kann, wo Gitterbilder zur Anwendung kommen können, beispielsweise bei Uhrenzifferblättern und Modeschmuck, bei Etiketten auf Waren und Verpackungen, bei Sicherheitselementen auf Dokumenten, Ausweisen, Pässen, Kreditkarten, Gesundheitskarten usw. Bei Banknoten und ähnlichen Dokumenten kommen beispielsweise außer Transferelementen auch Sicherheitsfäden und außer Aufsichtselementen auch Durchsichtselemente wie Durchsichtsfenster zur Ausstattung mit Gitterbildern in Frage. Dies ist in der Anmeldung PCT/EP 2004/11497 ausführlich beschrieben, deren Offenbarung insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

[0043] Bei Beleuchtung zeigt das in [Fig. 2](#) im Detail dargestellte Gitterbild **12** ein ungerastertes Halbtonbild mit mehreren Helligkeitsstufen, die durch mit verschiedenen Gittermustern belegte Gitterfelder **22-1**, **22-2** bzw. **22-3** erzeugt werden. Zur Herstellung eines derartigen ungerasterten Halbton-Gitterbilds wird erfindungsgemäß wie folgt vorgegangen:

[0044] [Fig. 3](#) zeigt zunächst in (a) ein vorgegebenes, durch ein Punktraster R gebildetes Halbtonbild **30**, dessen Punktraster R ein zweidimensionales Array von Bildpunkten umfasst, die jeweils durch ihre Koordinaten innerhalb der Bilddarstellung und einen Grau-Helligkeitswert gegeben sind. Das Punktraster R stellt typischerweise ein graphisches Bildmotiv, wie etwa das im Ausführungsbeispiel gezeigte Portrait W dar.

[0045] Das Punktraster R kann in digitaler Form vorliegen, beispielsweise in einem Rastergraphikformat wie GIF (Graphics Interchange Format), JPEG (Joint Photographics Expert Group), TIFF (Tagged Image File Format) oder PNG (Portable Network Graphics).

[0046] Der Einfachheit halber wird das Vorgehen im Folgenden an einem Schwarz-Weiß-Halbtonbild erläutert. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich jedoch selbstverständlich auch für Farbbilder, bei denen für jeden Bildpunkt ein Vektor eines Farbraums, etwa des RGB-Farbraums oder des CMYK-Farbraums angegeben ist. In diesem Fall können beispielsweise drei Farbauszüge, die die Helligkeitswerte für die Grundfarben Rot, Grün und Blau enthalten, an die Stelle des beschriebenen Schwarz-Weiß-Halbtonbildes treten.

[0047] Zurückkommend auf die Darstellung der [Fig. 3](#) wird die Gesamtheit der möglichen Helligkeitswerte der Bildpunkte des Punktrasters R in eine vorgewählte Anzahl von Helligkeitsstufen unterteilt. Beispielsweise kann bei einem Halbtonbild, das Helligkeitswerte zwischen 0 (dunkelster Grauwert) und 255 (hellster Grauwert) aufweist, eine Unterteilung in drei Helligkeitsstufen vorgenommen werden, indem der Helligkeitsstufe 1 („Schwarz“) die Helligkeitswerte 0 bis 85, der Helligkeitsstufe 2 („Grau“) die Helligkeitswerte 86 bis 171 und der Helligkeitsstufe 3 („Weiß“) die Helligkeitswerte 172 bis **255** zugeordnet werden.

**[0048]** Dann werden diejenigen Bildpunkte des Punktrasters R, deren Helligkeitswerte innerhalb eines der vorgegebenen Intervalle liegen, zu flächigen Bildfeldern **32-1**, **32-2** und **32-3** zusammengefasst, wie in **Fig. 3(b)** gezeigt, so dass insgesamt ein ungerastertes Helligkeitsstufenbild **34** mit drei Helligkeitsstufen entsteht.

**[0049]** Die Konturlinien **36-1** des flächigen Bildfelds **32-1**, das der Helligkeitsstufe 1 („Schwarz“) zugeordnet ist, sind in **Fig. 3(c)** nochmals separat dargestellt. Wie unmittelbar zu erkennen, ist die Form des Bildfelds **32-1** (wie auch die Form der Bildfelder **32-2** und **32-3**) nach der Zusammenfassung der Bildpunkte nur noch durch das dargestellte Motiv bestimmt, während die ursprünglich vorhandene Rasterung des Bildes vollständig entfernt ist.

**[0050]** Mit Bezug auf **Fig. 2** werden in dem Gitterbild **12** dann Gitterfelder **22-1**, **22-2** und **22-3** festgelegt, die den Bildfeldern **32-1**, **32-2** und **32-3** zugeordnet sind und deren Anordnung innerhalb des Gitterbilds der Anordnung der Bildfelder in dem vorgegebenen Halbtonbild entspricht. Die Gitterfelder **22-1**, **22-2** und **22-3** werden entsprechend der jeweiligen Helligkeitsstufe mit Gittermustern belegt, die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich gleicher Helligkeitsstufe erzeugen.

**[0051]** **Fig. 4** zeigt einen Ausschnitt **40** eines Bereichs **22**, der mit Gittermustern gefüllte Bereiche **42** und ungefüllte Bereiche **44** enthält. Die gefüllten Bereiche **42** und die ungefüllten Bereiche **44** sind jeweils in Form schmaler Streifen mit einer Breite **42-B** bzw. **44-B** ausgebildet, wobei das Verhältnis der Gitterstreifenbreite **42-B** zur Gesamtbreite von Gitterstreifen und Lückenstreifen,  $B_{\text{gesamt}} = \mathbf{42-B} + \mathbf{44-B}$ , den gewünschten Helligkeitswert des Bereichs **22** liefert.

**[0052]** Um den optischen Eindruck des Halbtonbildes nicht zu beeinträchtigen, wird die Gesamtbreite von Gitterstreifen und Lückenstreifen  $B_{\text{gesamt}}$  unterhalb der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges gewählt. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Gesamtbreite auch größer gewählt werden, so dass die Streifenstruktur den Bildeindruck in der Art eines Holzschnitts oder Kupferstichs noch unterstützt.

**[0053]** Es versteht sich, dass auch eine andere Anzahl von Helligkeitsstufen als drei gewählt werden kann. Die Anzahl N der Helligkeitsstufen ist bevorzugt jedoch nicht zu groß und liegt insbesondere unterhalb von zehn. Um eine Darstellung mit klaren Konturen und einen gut erkennbaren Unterschied zu herkömmlichen Rasterbildern zu erreichen, hat sich die Umwandlung von Rasterbildern in Helligkeitsstufenbilder mit drei, vier oder fünf Helligkeitswerten als besonders geeignet herausgestellt.

**[0054]** Um auf einfache, nicht holographische Weise ein ebenes oder gekrümmtes Gitterbild zu erzeugen, das zumindest ein ungerastertes Halbtonbild mit mehreren Helligkeitsstufen zeigt, können die Gitterparameter beispielsweise wie in der PCT/EP 2004/011497 beschrieben berechnet werden, deren Offenbarung insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

**[0055]** Kurz zusammengefasst wird jedes Gittermuster **50** (**Fig. 5**) durch zwei Gitterparameter charakterisiert, nämlich den Abstand a der Gitterlinien, der als Gitterkonstante bezeichnet wird, und den Azimutwinkel  $\omega$ , den die Gitterlinien mit einer Referenzrichtung Ref einschließen, wie in **Fig. 5** gezeigt. Die beiden Angaben können auch durch den Gittervektor  $\vec{g}$  ausgedrückt werden, der einen Vektor der Länge  $2\pi/a$  darstellt, der in Richtung parallel zu den Gitterlinien zeigt.

**[0056]** Auch die geometrischen Verhältnisse bei der Betrachtung des Gittermusters **50** sind zur Definition der auftretenden Größen in **Fig. 5** schematisch dargestellt. Die Orientierung des Gitterfelds im Raum wird durch den Normalenvektor  $\vec{n}$  angegeben, der einen Vektor der Länge 1 darstellt, der senkrecht auf der Gitterebene steht. Das einfallende Licht wird durch einen oder mehrere Beleuchtungsvektoren  $\vec{k}$  charakterisiert, die jeweils einen Vektor der Länge  $2\pi/\lambda$  darstellen, der von der Lichtquelle zum Gitterbild zeigt.  $\lambda$  ist dabei die Wellenlänge des Lichts, so dass monochromatisches Licht durch Beleuchtungsvektoren gleicher Länge und weißes Licht durch Beleuchtungsvektoren unterschiedlicher Länge charakterisiert ist. Der Betrachtungsvektor  $\vec{k}$  ist ein Vektor der Länge  $2\pi/\lambda$ , der vom Gitterbild zum Auge des Betrachters zeigt.

**[0057]** Ein Gitterfeld eines ebenen Gitterbilds ist für den Betrachter nun gerade dann sichtbar, wenn die oben angegebene Bedingung (G)

$$\vec{n} \times (\vec{k}' - \vec{k}) = m\vec{g}$$

für eine ganze Zahl m erfüllt ist, da nur dann eine konstruktive Interferenz der reflektierten Lichtstrahlen in Be-

trachtungsrichtung erfolgt.

**[0058]** Neben ebenen Gitterbildern lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch gekrümmte Gitterbilder erzeugen. Bei gekrümmten Gitterbildern ist der Normalenvektor anders als bei ebenen Gitterbildern keine Konstante, sondern variiert über der Fläche des Gitterbilds. Zur Berechnung eines gekrümmten Gitterbilds wird daher jeder Gitterbildbereich in kleine Unterbereiche aufgeteilt, innerhalb derer der Normalenvektor  $\vec{n}(\vec{r})$  für einen Bezugspunkt P mit den Koordinaten  $\vec{r} = (x_0, y_0, z_0)$  in guter Näherung als konstant aufgefasst werden kann. Die oben beschriebene Berechnung von Gitterkonstante  $a$  und Azimutwinkel  $\omega$  wird dann für jeden dieser Unterbereiche unter Verwendung des lokal konstanten Normalenvektors  $\vec{n}(\vec{r})$  durchgeführt.

**[0059]** Im allgemeinsten Fall kann bei der Berechnung weiter berücksichtigt werden, dass bei einem ausgehenden Gitterbild und endlichem Abstand von Lichtquelle und Betrachter sowohl der Beleuchtungsvektor als auch der Betrachtungsvektor von der Position des jeweiligen Unterbereichs im Gitterbild abhängen, also durch örtlich variierende Vektoren  $\vec{k}(\vec{r})$  bzw.  $\vec{k}'(\vec{r})$  gegeben sind. Die globale Beziehung (G) stellt sich dann in der allgemeineren lokalen Form

$$\vec{n}(\vec{r}) \times (\vec{k}'(\vec{r}) - \vec{k}(\vec{r})) = m\vec{g} \quad (L)$$

dar. Diese Beziehung (L) kann selbstverständlich auch für die Berechnung ebener Gitterbilder verwendet werden, wobei der Normalenvektor  $\vec{n}(\vec{r})$  in diesem Fall konstant ist, und nur der Beleuchtungsvektor und der Betrachtungsvektor über der Fläche des Gitterbilds variieren.

**[0060]** Nach Vorgabe der gewünschten Betrachtungsbedingungen durch Beleuchtungs- und Betrachtungsrichtung, der gewünschten Geometrie des Gitterbilds und des gewünschten Helligkeits- und Farbeindrucks für jedes Gitterfeld können mit Hilfe der Beziehung (G) oder (L) die Gitterparameter für jedes Gitterfeld berechnet werden. Für Einzelheiten zur Berechnung wird auf die Druckschrift PCT/EP 2004/ 011497 verwiesen.

**[0061]** Soll das Gitterbild ein Echtfarbenbild zeigen, kann wie folgt vorgegangen werden: Aus dem Echtfarbenbild, das etwa im RGB-Farbraum vorgegeben sein kann, werden drei Farbauszüge für Rot, Grün und Blau erstellt und wie oben beschrieben zu flächigen Bereichen mit einer vorgegebenen Zahl an Helligkeitsstufen umgewandelt. Beispielsweise kann jeder der Farbauszüge in ein Farbauszugsstufenbild mit fünf Helligkeitsstufen umgewandelt werden.

**[0062]** Die drei Farbauszugsstufenbilder werden dann in schmale Streifen zerlegt und je zwei von drei Streifen jedes der Farbauszüge werden weggelassen. Die verbleibenden Streifen werden dann so ineinander verschachtelt, dass dort, wo Streifen des ersten Farbauszugs fehlen, ein Streifen aus dem zweiten und ein Streifen aus dem dritten Farbauszug zu liegen kommt. Das weitere Vorgehen folgt beispielsweise der PCT/EP 2004/011497 bei der Beschreibung der dortigen **Fig. 13**. Anstatt der drei Farbauszüge für Rot, Grün und Blau können selbstverständlich auch andere Farbsysteme mit anderen Farbauszügen angewandt werden. Die jeweiligen Grundfarben werden dabei als Spektralfarben dargestellt.

**[0063]** Eine weitere Möglichkeit, Echtfarbbilder durch Gitterbilder darzustellen, ist in der deutschen Patentanmeldung 10 2004 060 0672.2 beschrieben, deren Offenbarung insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

**[0064]** Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel soll ein Wechselbild ausgeführt werden, d.h. je nach Betrachtungsrichtung soll ein erstes oder ein anderes Bild sichtbar werden. Dazu wird jedes Bild wie oben beschrieben aus einem vorgegebenen Rasterbild in ein Flächenbild umgewandelt, bestehend aus Flächen, die mit einer aus N Helligkeitsstufen belegt sind. Anschließend wird wie in der PCT/EP 2004/011497 bei der Beschreibung der dortigen **Fig. 6** vorgegangen, das heißt, die Bilder werden in Streifen zerlegt, jeder zweite Streifen jedes der Bilder wird weggelassen. Die Streifen werden dann so ineinander geschoben, dass dort, wo ein Streifen des ersten Bildes fehlt, ein Streifen des zweiten Bildes zu liegen kommt. Diese Streifen werden dann mit unterschiedlichen Gittern belegt, so dass sie in gewünschter Richtung aufleuchten. Innerhalb jedes Streifens entspricht das Verhältnis der mit Gittern belegten Fläche zu der Gesamtfläche des Streifens dem Helligkeitswert. Die Streifenbreite plus die Breite der Lücke liegt vorzugsweise unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges oder ist so gewählt, dass die Streifenstruktur den Bildeindruck nicht stört, sondern vorzugsweise noch unterstützt wie bei einem Holzschnitt oder Kupferstich. Die Gitterdaten werden mit Vorteil wie oben beschrieben berechnet.

**[0065]** In weiteren Ausführungsbeispielen sollen mehr als zwei, beispielsweise m Bilder wechselnd aus un-



terschiedlichen Richtungen sichtbar werden. Die  $m$  Bilder liegen als Punktraster in digitalisierter Form vor. Wie oben beschrieben werden zunächst Flächenbilder erstellt. Diese werden in Streifen unterteilt. Von jedem Bild wird nur jeder  $m$ -te Streifen behalten, die dazwischen liegenden  $(m - 1)$  Streifen werden entfernt. Die verbleibenden Streifen der  $m$  Bilder werden ineinander geschoben, so dass, wenn man die Streifen entsprechend mit Gittern belegt, die  $m$  Bilder aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen wechselweise sichtbar werden. Die  $m$ -fache Streifenbreite liegt vorzugsweise unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges oder ist so gewählt, dass die Streifenstruktur den Bildeindruck nicht stört, sondern vorzugsweise noch unterstützt wie bei einem Holzschnitt oder Kupferstich. Die Gitterdaten werden vorzugsweise wie oben beschrieben berechnet.

**[0066]** Bei einem Ausführungsbeispiel entstehen die  $m$  Bilder der oben beschriebenen Ausführungsform beispielsweise aus zwei vorgegebenen Bildern mit Hilfe eines Morphing-Computer-Programms. Es ist z. B. das Portrait eines Menschen und das Gesicht eines Löwen vorgegeben. Mit Hilfe des Morphing-Programms werden  $(m - 2)$  Zwischenbilder errechnet, die eine langsame Verwandlung des Menschengesichts in ein Löwengesicht darstellen. Man hat nun  $m$  Rasterbilder. Diese werden wie oben beschrieben weiter bearbeitet, so dass man letztendlich ein Kippbild erhält bei dem beim seitlichen Kippen des Bildes vor dem Betrachter ein Mensch sich langsam in einen Löwen verwandelt und beim Zurückkippen wieder zu einem Menschen wird.

**[0067]** Bei einem anderen Ausführungsbeispiel sind die  $m$  Bilder Teilbilder aus einem Bewegungsablauf, der wie in einem Daumenkino beim seitlichen Kippen des Bildes vor dem Betrachter abläuft. Die  $m$  Bilder können auch  $m$  Ansichten eines Gegenstandes aus verschiedenen Richtungen sein, wobei die Betrachtungsrichtungen zwischen den Ansichten so gewählt sind und der Augenabstand des Betrachters so einbezogen ist, dass sich beim Betrachten des fertiggestellten Gitterbildes ein dreidimensional erscheinendes Bild ergibt.

**[0068]** Gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels soll ein aus einem Halbtonbild hergestelltes Gitterbild nicht nur in bestimmten Betrachtungsrichtungen beim Kippen kurz aufleuchten sondern über einen größeren Betrachtungswinkelbereich beim Kippen stets sichtbar bleiben.

**[0069]** In den beschriebenen Beispielen wurde die Streifenaufteilung als gerade senkrechte Streifen gezeigt, es kommen jedoch auch schräge oder waagrechte Streifen in Frage. Die Streifen müssen nicht gerade, sie können auch gekrümmt oder gewellt sein.

**[0070]** Die beschriebenen Ausführungsformen können auch miteinander kombiniert werden, beispielsweise kann ein Bewegungsbild in Echtfarben und in Stereo ausgeführt werden, oder ein Echtfarbenbild kann über einen größeren Betrachtungsbereich konstant bleiben. Werden mehrere Effekte miteinander kombiniert kann es zu größeren Streifengruppen kommen, die ineinander geschoben werden müssen, so dass die Gruppenbreite von nebeneinander liegenden Streifen ohne weitere Maßnahmen insgesamt über dem Auflösungsvermögen des Auges liegen würde, was in manchen Ausgestaltungen vermieden werden soll.

**[0071]** Zur Erläuterung sollen beispielsweise 10 Bewegungsstufen eines Bewegungsbildes in Echtfarben, d.h. jeweils mit den 3 Farbauszügen für Rot, Grün und Blau ausgeführt werden. Wenn jeweils 5 Helligkeitsstufen zu berücksichtigen sind und als Mindeststreifenbreite für ein optisch wirksames Gitter 3 Mikrometer angesetzt werden so ergibt sich zunächst eine über dem Auflösungsvermögen des Auges liegende Streifengruppenbreite von  $10 \times 3 \times 5 \times 3$  Mikrometer = 450 Mikrometer. Diese Streifengruppenbreite lässt sich jedoch reduzieren, indem man die einzelnen Streifen in Abschnitte unterteilt, wobei die Größe der Abschnitte vorzugsweise unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges liegt oder so gewählt ist, dass die Abschnittsstruktur den Bildeindruck nicht stört, sondern vorzugsweise noch unterstützt, wie bei einem Holzschnitt oder Kupferstich.

**[0072]** Um zu vermeiden, dass ein unangenehmes Raster den Bildeindruck stört, kann man die Abschnittseinteilung von Streifen zu Streifen verändern. Ein Beispiel ist in Tabelle I gezeigt, wobei ein Bewegungsbild mit 10 Bewegungsstufen und 3 Farbauszügen für Rot, Grün und Blau in jeweils 5 Helligkeitsstufen dargestellt ist. Die Bewegungsstufen und die Farbauszüge sind als Streifen, die Helligkeitsstufen als Abschnitte ausgeführt. Die Abschnittseinteilung variiert von Streifen zu Streifen.

Tabelle 1

Streifen-Nr.	Bewegungszustand	Farbauszug	Anzahl Gitterlinien pro Helligkeitsstufe
1	1. Bewegungszustand	Rot	8
2	1. Bewegungszustand	Grün	8
3	1. Bewegungszustand	Blau	8
4	2. Bewegungszustand	Rot	9
5	2. Bewegungszustand	Grün	9
6	2. Bewegungszustand	Blau	9
7	3. Bewegungszustand	Rot	10
8	3. Bewegungszustand	Grün	10
9	3. Bewegungszustand	Blau	10
10	4. Bewegungszustand	Rot	11
11	4. Bewegungszustand	Grün	11
12	4. Bewegungszustand	Blau	11
...			
28	10. Bewegungszustand	Rot	17
29	10. Bewegungszustand	Grün	17
30	10. Bewegungszustand	Blau	17

**[0073]** Nach dem 30. Streifen wird zyklisch wiederholt, gegebenenfalls mit verschobenen Phasen, so dass kein Streifen einem anderen gleicht.

**[0074]** Tabelle 2 zeigt nun die Abschnittslängen innerhalb der Streifen bei einer Einteilung nach Tabelle 1. Für die einzelnen Farbauszüge wurden dabei folgende Daten zugrunde gelegt:

- Farbauszug Rot: Bei Wellenlänge 0,630  $\mu\text{m}$  benötigt man unter Standardbedingungen 0,891  $\mu\text{m}$  Gitterlinienabstand
- Farbauszug Grün: Bei Wellenlänge 0,550  $\mu\text{m}$  benötigt man unter Standardbedingungen 0,777  $\mu\text{m}$  Gitterlinienabstand
- Farbauszug Blau: Bei Wellenlänge 0,470  $\mu\text{m}$  benötigt man unter Standardbedingungen 0,665  $\mu\text{m}$  Gitterlinienabstand

**[0075]** Als Standardbedingungen werden dabei Betrachtung senkrecht von oben, Beleuchtung unter 45 ° und eine waagrechte Gitterebene angesehen.

**[0076]** Für die niederste Helligkeitsstufe in einem Streifen wird ein Abschnitt gemäß Tabelle 2 belegt, dann folgen 4 unbelegte Abschnitte, dann wieder ein belegter Abschnitt, dann 4 unbelegte Abschnitte. Diese Abfolge wird in gleicher Weise fortgesetzt. Für die zweite Helligkeitsstufe in einem Streifen sind 2 Abschnitte gemäß Tabelle 2 belegt, dann folgen 3 unbelegte Abschnitte, dann wieder 2 belegte Abschnitte, dann 3 unbelegte Abschnitte etc. Für die dritte Helligkeitsstufe in einem Streifen sind 3 Abschnitte gemäß Tabelle 2 belegt, dann folgen 2 unbelegte Abschnitte, dann wieder 3 belegte Abschnitte, dann 2 unbelegte Abschnitte etc. Für die vierte Helligkeitsstufe in einem Streifen sind 4 Abschnitte gemäß Tabelle 2 belegt, dann folgt ein unbelegter Abschnitt, dann wieder 4 belegte Abschnitte, dann ein unbelegter Abschnitt etc. Für die fünfte, die hellste Helligkeitsstufe in einem Streifen sind alle Abschnitte gemäß Tabelle 2 lückenlos belegt, d.h. die Abschnittseinteilung entfällt bei der hellsten Helligkeitsstufe.

Tabelle 2

Streifen-Nr.	Abschnittslänge
1	$5 \times 8 \times 0,891 \mu\text{m} = 35,6 \mu\text{m}$
2	$5 \times 8 \times 0,777 \mu\text{m} = 31,1 \mu\text{m}$
3	$5 \times 8 \times 0,665 \mu\text{m} = 25,6 \mu\text{m}$
4	$5 \times 9 \times 0,891 \mu\text{m} = 40 \mu\text{m}$
5	$5 \times 9 \times 0,777 \mu\text{m} = 35 \mu\text{m}$
6	$5 \times 9 \times 0,665 \mu\text{m} = 30 \mu\text{m}$
7	$5 \times 10 \times 0,891 \mu\text{m} = 44,5 \mu\text{m}$
8	$5 \times 10 \times 0,777 \mu\text{m} = 38,9 \mu\text{m}$
9	$5 \times 10 \times 0,665 \mu\text{m} = 33,3 \mu\text{m}$
10	$5 \times 11 \times 0,891 \mu\text{m} = 49 \mu\text{m}$
11	$5 \times 11 \times 0,777 \mu\text{m} = 42,7 \mu\text{m}$
12	$5 \times 11 \times 0,665 \mu\text{m} = 36,7 \mu\text{m}$
	...
28	$5 \times 17 \times 0,891 \mu\text{m} = 75,7 \mu\text{m}$
29	$5 \times 17 \times 0,777 \mu\text{m} = 66 \mu\text{m}$
30	$5 \times 17 \times 0,665 \mu\text{m} = 56,5 \mu\text{m}$

**[0077]** Da sich in der Gesamtlänge der Streifen viele Abschnitte addieren, ergeben sich wegen der ungleich langen Abschnitte unregelmäßig verschobene Abschnitte bei den Streifen, so dass keine Rasterung entstehen kann. Da die Helligkeitsstufen nun in Streifenabschnitten untergebracht sind, liegt die Streifen-Gruppenbreite mit  $3 \text{ Mikrometer} \times 3 \times 10 = 90 \text{ Mikrometer}$  unter dem Auflösungsvermögen des Auges. Das beschriebene Ausführungsbeispiel stellt nur ein Beispiel dar, wie man eine Rasterung vermeiden kann. Prinzipiell sind alle ineinander geschobenen  $m$  Bilder (in obigem Beispiel 30 Bilder, nämlich 10 Bewegungszustände mit 3 Farbauszügen) voneinander unabhängig und können erfindungsgemäß beliebig unterschiedlich zerlegt werden, solange die Summe der  $m$  Streifenbreiten und Abschnittslängen unterhalb des Auflösungsvermögens des Auges liegt oder so gewählt ist, dass die Zerlegungsstruktur den Bildeindruck nicht stört, sondern noch unterstützt wie bei einem Holzschnitt oder Kupferstich. Durch die erfindungsgemäß unterschiedliche Zerlegung der ineinandergeschobenen Bilder entsteht trotz senkrechter und waagrechter Aufteilung keine Rasterung.

**[0078]** Gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung können die Gitterfelder auch ganz oder teilweise Gittermuster enthalten, die eine Mattstruktur bilden, bei Betrachtung also keine diffraktiven Effekte zeigen.

**[0079]** Derartige Mattstrukturen können beispielsweise dadurch erzeugt werden, dass die Strichgitterlinien in diesen Gitterfeldern zufällig zueinander orientiert werden. Zur Illustration zeigt **Fig. 6** in (a) und (b) jeweils Gitterfelder **60** mit elektromagnetisch aktiven Gittermustern, deren Strichgitterlinien **62** völlig zufällig zueinander orientiert sind. Der Parameter „Orientierung“ variiert daher über der Fläche der Gitterfelder **60** zufällig und sprunghaft. Die zufällige Variation setzt sich außerhalb der in **Fig. 6** gezeigten Ausschnitte über die ganze Fläche der Gitterfelder fort. Derartige zufällig orientierte elektromagnetisch aktive Gittermuster erzeugen eine nicht diffraktive Mattstruktur, die sich von einer beispielsweise gerichtet beugenden Umgebung oder einem umgebenden Aufdruck deutlich abhebt.

**[0080]** Bei dem in **Fig. 6(b)** gezeigten Gitterfeld **60** füllen die Strichgitterlinien die gezeigte Fläche weniger stark als in **Fig. 6(a)**. Das Gitterfeld der **Fig. 6(a)** weist daher einen weniger stark ausgeprägten Mattstruktureffekt als das Gitterfeld der **Fig. 6(b)** auf und erscheint deshalb für einen Beobachter dunkler. Auf diese Weise können die unterschiedlich hellen Bereiche eines Flächenbildes mit unterschiedlich hellen Mattstrukturen gefüllt werden, so dass ein Mattstruktur-Halbtonbild entsteht, das unter unterschiedlichsten Beleuchtungsverhältnissen (Punktlicht wie diffuse Beleuchtung) betrachtet werden kann.

**[0081]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel werden erste Teile eines Flächenbildes in Mattstruktur ausgeführt, während andere Teile mit entsprechend gewählten diffraktiven Strukturen belegt sind. Da sich mit den

diffraktiven Strukturen, wie oben erläutert, Farb- und Bewegungseffekte realisieren lassen, besteht so die Möglichkeit, ungerasterte Halbton-Gitterbilder mit statischen Bildanteilen, die in Mattstruktur ausgeführt sind, und dynamischen Bildanteilen, die mit diffraktiven Strukturen ausgebildet sind, herzustellen.

### Patentansprüche

1. Gitterbild zur Darstellung zumindest eines ungerasterten Halbtonbildes mit mehreren Helligkeitsstufen, wobei das Gitterbild mehrere Gitterfelder aufweist, die jeweils ein elektromagnetische Strahlung beeinflussendes Gittermuster aus einer Vielzahl von Strichgitterlinien enthalten, und die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich des Halbtonbildes mit gleicher Helligkeitsstufe erzeugen.

2. Gitterbild nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das ungerasterte Halbtonbild weniger als zehn Helligkeitsstufen, bevorzugt drei, vier oder fünf Helligkeitsstufen aufweist.

3. Gitterbild nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder zumindest teilweise Gittermuster enthalten, die durch eine Gitterkonstante und eine Winkelorientierung definiert sind.

4. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder zumindest teilweise Gittermuster enthalten, die eine Mattstruktur bilden, die bei Betrachtung keine diffraktiven Effekte zeigt.

5. Gitterbild nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Strichgitterlinien in den Gitterfeldern, die eine Mattstruktur bilden, zufällig zueinander orientiert sind, insbesondere, dass die Orientierung der Strichgitterlinien zufällig und sprunghaft variiert.

6. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Gitterfelder mit durch eine Gitterkonstante und eine Winkelorientierung definierten Gittermustern in einem Flächenanteil mit den jeweiligen Gittermustern gefüllt sind, der der erzeugten Helligkeitsstufe entspricht.

7. Gitterbild nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder entsprechend der erzeugten Helligkeitsstufe ineinander verschachtelte, mit Gittermustern gefüllte Bereiche und ungefüllte Bereiche aufweisen.

8. Gitterbild nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausdehnung der gefüllten und ungefüllten Bereiche in zumindest einer Dimension unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges liegt.

9. Gitterbild nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gefüllten und ungefüllten Bereiche als schmale Streifen mit einer Breite unterhalb der Auflösungsgrenze des Auges ausgebildet sind.

10. Gitterbild nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gefüllten und ungefüllten Bereiche als kleine Flächenelemente beliebiger Form mit einer Größe unterhalb der Auflösungsgrenze des Auges ausgebildet sind.

11. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder, die eine Mattstruktur bilden, in einer Dichte mit Strichgitterlinien gefüllt sind, die der erzeugten Helligkeitsstufe entspricht.

12. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Gittermuster zumindest teilweise aus nicht unterbrochenen Gitterlinien gebildet sind und mittels eines Lithographieinstruments erzeugt sind.

13. Gitterbild nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterlinien durch an ihren Enden angeordnete Umkehrstücke zu mindestens einer mäanderförmig verlaufenden Gitterlinie verbunden sind.

14. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen jeweils ein Bild, insbesondere ein ungerastertes Halbtonbild darstellt, so dass für den Betrachter ein Wechselbild, ein Bewegungsbild, ein Stereobild, ein Kulissenbild oder ein Gitterbild mit beim Bewegen konstantem Bildeindruck entsteht.

15. Gitterbild nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das zumin-

dest eines der von dem Gitterbild dargestellten ungerasterten Halbtonbilder ein Echtfarbbild ist.

16. Verfahren zum Erzeugen eines Gitterbild, das zumindest ein ungerastertes Halbtonbild mit mehreren Helligkeitsstufen zeigt, bei welchem Verfahren das Gitterbild mit mehreren Gitterfeldern erzeugt wird, die jeweils ein elektromagnetische Strahlung beeinflussendes Gittermuster aus einer Vielzahl von Strichgitterlinien enthalten, und die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich des Halbtonbildes mit gleicher Helligkeitsstufe erzeugen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) ein gerastertes Schwarz-Weiß-Halbtonbild mit einer Mehrzahl von Bildpunkten vorgegeben wird, wobei die Bildpunkte jeweils einen Grau-Helligkeitswert aufweisen,
- b) die Bildpunkte, deren Helligkeitswerte in einem vorgegebenen Intervall liegen, jeweils zu einem Bildfeld zusammengefasst werden, so dass ein ungerastertes Helligkeitsstufenbild mit einer vorgewählten Anzahl an diskreten Helligkeitsstufen entsteht,
- c) Gitterfelder des Gitterbildes festgelegt werden, die den zusammengefassten Bildfeldern zugeordnet sind und deren Anordnung innerhalb des Gitterbilds der Anordnung der Bildfelder in dem vorgegebenen Halbtonbild entspricht, und
- d), die Gitterfelder mit Gittermustern gefüllt werden, die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich gleicher Helligkeitsstufe innerhalb des ungerasterten Helligkeitsstufenbilds erzeugen.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass

- a) ein gerastertes farbiges Halbtonbild mit einer Mehrzahl von Bildpunkten vorgegeben wird, wobei die Bildpunkte jeweils Helligkeitswerte für gewisse Grundfarben aufweisen,
- b) für jede Grundfarbe die Bildpunkte, deren Helligkeitswerte für diese Grundfarbe in einem vorgegebenen Intervall liegen, jeweils zu einem Bildfeld zusammengefasst werden, so dass für jede Grundfarbe ein ungerastertes Farbauszugsstufenbild mit einer vorgewählten Anzahl an diskreten Helligkeitsstufen entsteht,
- c) Gitterfelder des Gitterbildes festgelegt werden, die den zusammengefassten Bildfeldern zugeordnet sind und deren Anordnung innerhalb des Gitterbilds der Anordnung der Bildfelder in dem vorgegeben farbiges Halbtonbild entspricht, und
- d) die Gitterfelder in Farb-Unterbereiche für die Grundfarben unterteilt werden und die Farb-Unterbereiche mit Gittermustern gefüllt werden, die bei Beleuchtung jeweils einen flächigen Bereich gleicher Helligkeitsstufe der Grundfarbe innerhalb des ungerasterten Helligkeitsstufenbilds für diese Grundfarbe erzeugen.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass als Grundfarben Spektralfarben, insbesondere Rot, Grün und Blau gewählt werden.

20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausdehnung der Farb-Unterbereiche in zumindest einer Dimension unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges liegt.

21. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das ungerasterte Halbtonbild oder die ungerasterten Farbauszugsstufenbilder in Schritt b) mit weniger als zehn Helligkeitsstufen, bevorzugt mit drei, vier oder fünf Helligkeitsstufen erzeugt werden.

22. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das die Gitterfelder zumindest teilweise mit Gittermustern gefüllt werden, die durch eine Gitterkonstante und eine Winkelorientierung definiert sind.

23. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das die Gitterfelder zumindest teilweise mit Gittermustern gefüllt werden, die eine Mattstruktur bilden, die bei Betrachtung keine diffraktiven Effekte zeigt.

24. Verfahren nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Strichgitterlinien in den Gitterfeldern, die eine Mattstruktur bilden, mit zufälliger Orientierung zueinander, vorzugsweise mit zufälliger und sprunghaft variierender Orientierung zueinander erzeugt werden.

25. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Gitterfelder mit diffraktiven Gittermustern in Schritt d) in einem Flächenanteil mit den jeweiligen Gittermustern gefüllt werden, der der zu erzeugenden Helligkeitsstufe entspricht.

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder in Schritt d) entsprechend

der zu erzeugenden Helligkeitsstufe mit ineinander verschachtelten mit Gittermustern gefüllten Bereiche und ungefüllten Bereiche versehen werden.

27. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder, die eine Mattstruktur bilden, in einer Dichte mit Strichgitterlinien gefüllt werden, die der zu erzeugenden Helligkeitsstufe entspricht.

28. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Gittermuster zumindest teilweise aus nicht unterbrochenen, mäanderförmig verlaufenden Gitterlinien gebildet werden.

29. Verfahren nach Anspruch 17 oder einem auf Anspruch 17 rückbezogenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Orientierung für das Gitterbild im Raum festgelegt wird, in welcher das ungerasterte Halbtonbild sichtbar ist, und in Schritt d)

dd) ein oder mehrere Unterbereiche innerhalb jedes Gitterfeldes festgelegt werden und für jeden der Unterbereiche aus der festgelegten Orientierung des Gitterbilds und des Helligkeitswerts des Gitterfelds unter Verwendung der Beziehung

$$\vec{n}(\vec{r}) \times (\vec{k}'(\vec{r}) - \vec{k}(\vec{r})) = m\vec{g}$$

ein Gittermuster mit einer Gitterkonstante und einer Winkelorientierung bestimmt wird, wobei  $r$  einen Bezugspunkt in dem Unterbereich des Gitterbilds,  $\vec{n}(\vec{r})$ ,  $\vec{k}'(\vec{r})$  und  $\vec{k}(\vec{r})$  den Normalenvektor, den Betrachtungsvektor bzw. den Beleuchtungsvektor im Bezugspunkt  $\vec{r}$ ,  $m$  die Beugungsordnung und  $\vec{g}$  den Gittervektor für den Unterbereich darstellen.

30. Verfahren nach Anspruch 18 oder einem auf Anspruch 18 rückbezogenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass eine Orientierung für das Gitterbild im Raum festgelegt wird, in welcher das ungerasterte farbige Halbtonbild sichtbar ist, und in Schritt d)

dd) ein oder mehrere weitere Unterbereiche innerhalb der Farb-Unterbereiche jedes Gitterfeldes festgelegt werden und für jeden der weiteren Unterbereiche aus der festgelegten Orientierung des Gitterbilds, der Grundfarbe und des Helligkeitswerts des Farb-Unterbereichs unter Verwendung der Beziehung

$$\vec{n}(\vec{r}) \times (\vec{k}'(\vec{r}) - \vec{k}(\vec{r})) = m\vec{g}$$

ein Gittermuster mit einer Gitterkonstante und einer Winkelorientierung bestimmt wird, wobei  $\vec{r}$  einen Bezugspunkt in dem Unterbereich des Gitterbilds,  $\vec{n}(\vec{r})$ ,  $\vec{k}'(\vec{r})$  und  $\vec{k}(\vec{r})$  den Normalenvektor, den Betrachtungsvektor bzw. den Beleuchtungsvektor im Bezugspunkt  $\vec{r}$ ,  $m$  die Beugungsordnung und  $\vec{g}$  den Gittervektor für den weiteren Unterbereich darstellen.

31. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen mehrere Bilder, insbesondere mehrere ungerasterte Halbtonbilder zeigt, wobei die genannten Schritte für jedes der mehreren Bilder durchgeführt werden.

32. Verfahren nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, dass Gitterfelder jedes der mehreren Bilder ineinander verschachtelt werden, wozu die Gitterfelder bevorzugt in schmale Streifen zerlegt werden und die schmalen Streifen der Gitterfelder alternierend nebeneinander angeordnet werden.

33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite der schmalen Streifen unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gewählt wird, wobei die schmalen Streifen bevorzugt parallel zu einer Dreh- oder Kippachse des Gitterbildes ausgerichtet werden.

34. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder in beliebig geformte kleine Teilbereiche zerlegt werden und die kleinen Teilbereiche der Gitterfelder ineinander verschachtelt angeordnet werden.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine charakteristische Abmessung der kleinen Teilbereiche unterhalb der Auflösungsgrenze des bloßen Auges gewählt wird.

36. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen unterschiedliche Bilder zeigt, so dass für den Betrachter bei entspre-

chender Bewegung des Gitterbildes ein Wechselbild entsteht.

37. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen ein Bildmotiv in unterschiedlichen Bewegungszuständen zeigt, so dass für den Betrachter bei entsprechender Bewegung des Gitterbildes ein Bewegungsbild entsteht.

38. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild in unterschiedlichen Orientierungen eine sich vergrößernde oder verkleinernde Umrisslinie eines Bildmotivs zeigt, so dass für den Betrachter bei entsprechender Bewegung des Gitterbildes ein Pumpbild entsteht.

39. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild zumindest zwei Ansichten eines Bildmotivs aus unterschiedlichen Betrachtungsrichtungen zeigt und die unterschiedlichen Orientierungen der Ansichten auf Grundlage eines vorgewählten Betrachtungsabstands für das Gitterbild so festgesetzt werden, dass für den Betrachter ein Stereobild des Bildmotivs entsteht.

40. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 16 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das Gitterbild zumindest in einem Teilbereich in unterschiedlichen Orientierungen das gleiche Bild zeigt, so dass für den Betrachter bei entsprechender Bewegung des Gitterbildes in diesem Teilbereich keine Änderung des Bildinhalts auftritt.

41. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterfelder in nebeneinander angeordnete schmale Streifen zerlegt werden, die den in unterschiedlichen Orientierungen erkennbaren Bildern zugeordnet sind, und die bevorzugt so mit Gittermustern gefüllt werden, dass die Endpunkte des Gittermusters eines Streifens mit den Anfangspunkten des Gittermusters des benachbarten Streifens zusammenfallen.

42. Gegenstand, insbesondere Datenträger oder Sicherheitselement zum Aufbringen auf einen Datenträger, mit einem Gitterbild nach einem der Ansprüche 1 bis 41.

43. Gegenstand nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand ein Sicherheitselement, insbesondere ein Sicherheitsfaden, ein Etikett oder ein Transferelement ist.

44. Gegenstand nach Anspruch 42 oder 43, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand im Bereich des Gitterbilds gekrümmt, insbesondere zylindrisch gekrümmt ist.

45. Gegenstand nach wenigstens einem der Ansprüche 42 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass der Gegenstand ein Datenträger, insbesondere eine Banknote, ein Wertdokument, ein Pass, eine Ausweiskarte oder eine Urkunde ist.

46. Verwendung eines Gitterbilds nach einem der Ansprüche 1 bis 41 oder eines Gegenstands nach einem der Ansprüche 42 bis 45 zur Sicherung von Warenbeliebiger Art.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

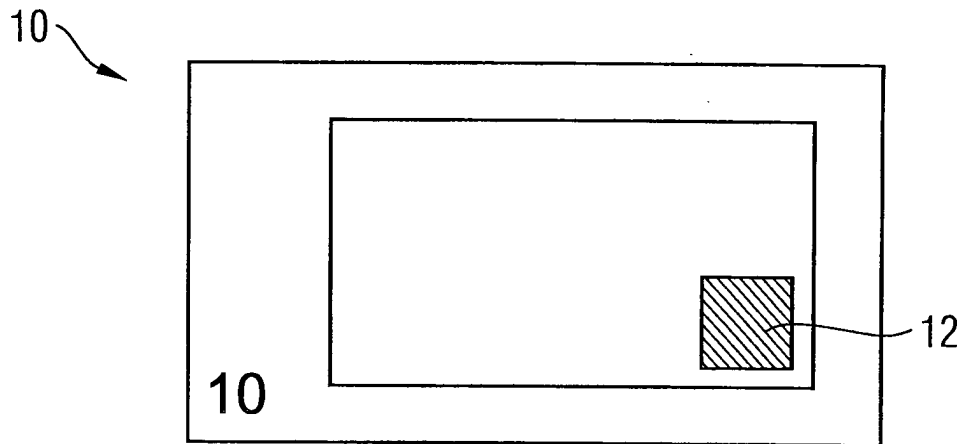


Fig. 1

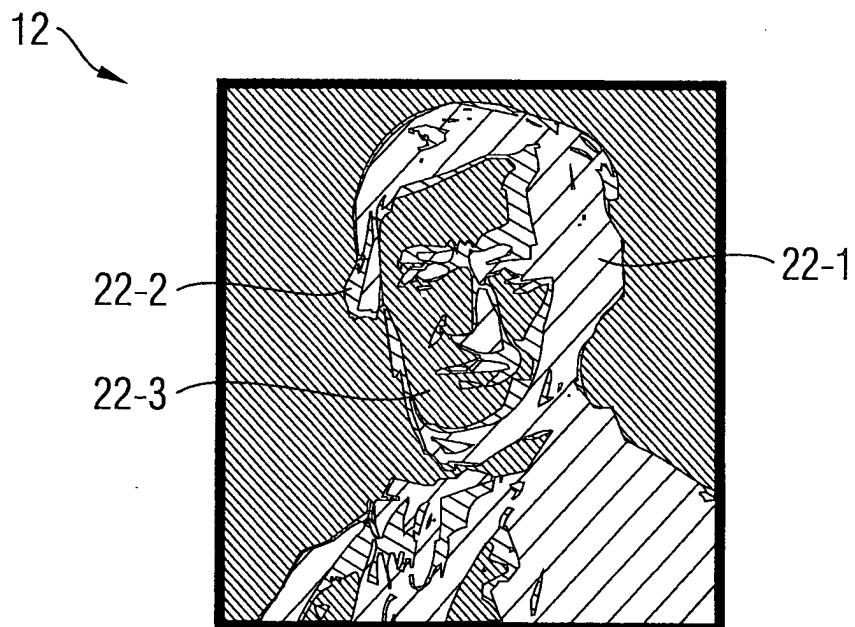


Fig. 2





Fig. 3a

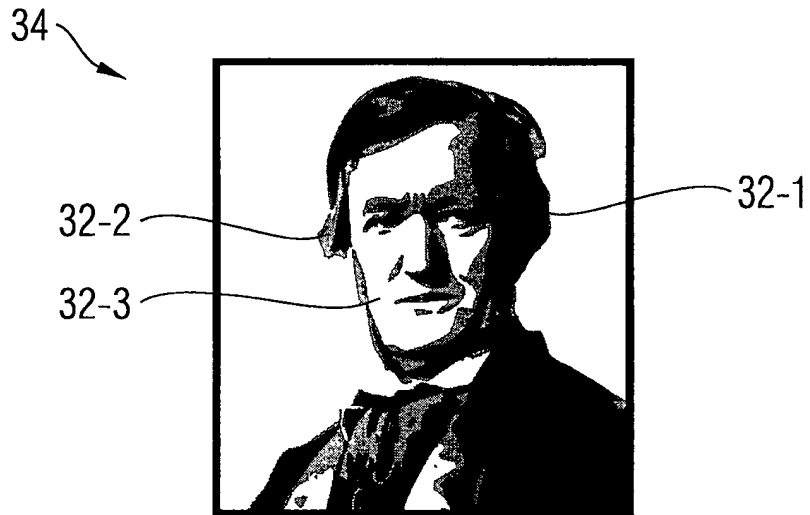


Fig. 3b



Fig. 3c

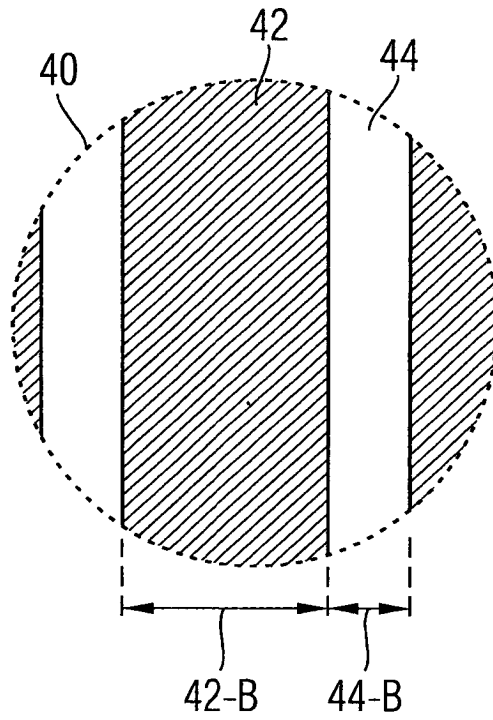


Fig. 4

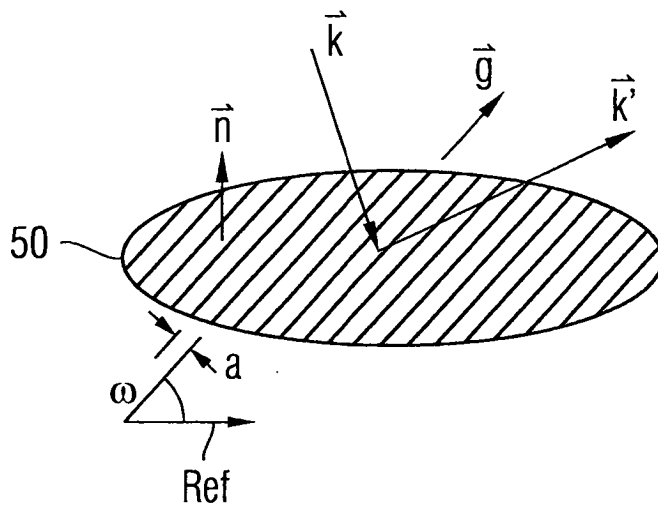


Fig. 5

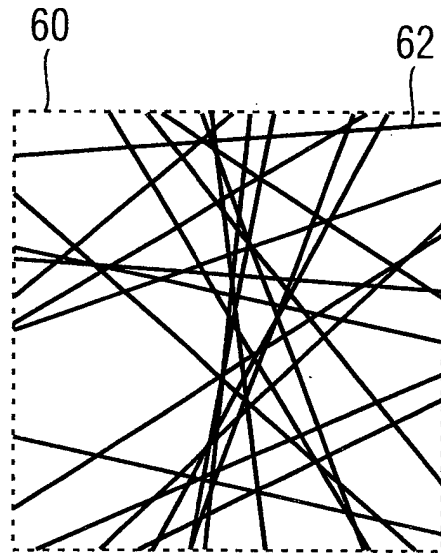


Fig. 6a

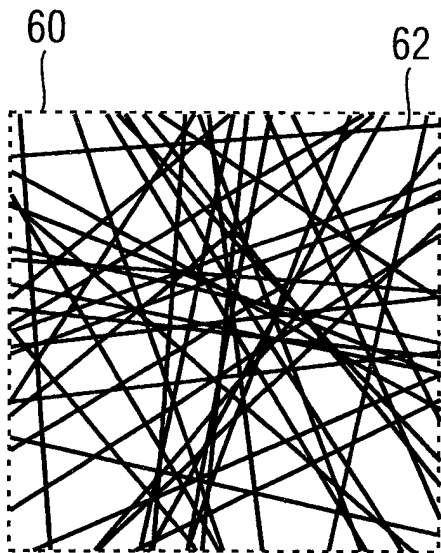


Fig. 6b