



(11) **EP 1 465 780 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.05.2008 Patentblatt 2008/21

(51) Int Cl.:
B42D 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02806315.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/012243

(22) Anmeldetag: **02.11.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/059643 (24.07.2003 Gazette 2003/30)

(54) **DIFFRAKTIVES SICHERHEITSELEMENT MIT INTEGRIERTEM OPTISCHEN WELLENLEITER**
DIFFRACTIVE SECURITY ELEMENT HAVING AN INTEGRATED OPTICAL WAVEGUIDE
ELEMENT DE SECURITE A DIFFRACTION A GUIDE D'ONDE OPTIQUE INTEGRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

- **TOMPKIN, Wayne, Robert**
CH-5400 Baden (CH)
- **STAUB, René**
CH-6332 Hagendorn (CH)

(30) Priorität: **18.01.2002 CH 842002**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.10.2004 Patentblatt 2004/42

(74) Vertreter: **Zinsinger, Norbert**
Louis Pöhlau Lohrentz,
P.O. Box 30 55
90014 Nürnberg (DE)

(73) Patentinhaber: **OVD Kinegram AG**
6301 Zug (CH)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 375 833 EP-A- 0 534 795
EP-A- 0 895 100 US-A- 4 426 130

(72) Erfinder:
• **SCHILLING, Andreas**
CH-6332 Hagendorn (CH)

EP 1 465 780 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 bezieht sich auf ein diffraktives Sicherheitselement gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Solche diffraktive Sicherheitselemente werden zum Beglaubigen von Gegenständen, wie Banknoten, Ausweisen aller Art, wertvollen Dokumenten, verwendet, um die Echtheit des Gegenstands ohne grossen Aufwand feststellen zu können. Das diffraktive Sicherheitselement wird bei der Ausgabe des Gegenstands in Form einer aus einem dünnen Schichtverbund geschnittenen Marke mit dem Gegenstand fest verbunden.

[0003] Diffraktive Sicherheitselemente der eingangs genannten Art sind aus der EP 0 105 099 A1 und der EP 0 375 833 A1 bekannt. Diese Sicherheitselemente umfassen ein Muster aus mosaikartig angeordneten Flächenelementen, die ein Beugungsgitter aufweisen. Die Beugungsgitter sind azimuthal so vorbestimmt angeordnet, dass bei einer Drehung das durch gebeugtes Licht erzeugte, sichtbare Muster einen vorbestimmten Bewegungsablauf ausführt.

[0004] Die US 4,856,857 beschreibt den Aufbau transparenter Sicherheitselemente mit eingepprägten mikroskopisch feinen Reliefstrukturen. Diese diffraktiven Sicherheitselemente bestehen im allgemeinen aus einem Stück eines dünnen Schichtverbunds aus Kunststoff. Die Grenzschicht zwischen zwei der Schichten weist mikroskopisch feine Reliefs von lichtbeugenden Strukturen auf. Zur Erhöhung der Reflektivität ist die Grenzschicht zwischen den beiden Schichten mit einer meist metallischen Reflexionsschicht überzogen. Der Aufbau des dünnen Schichtverbunds und die dazu verwendbaren Materialien sind beispielsweise in der US 4,856,857 und der WO 99/47983 beschrieben. Aus der DE 33 08 831 A1 ist bekannt, den dünnen Schichtverbund mit Hilfe einer Trägerfolie auf einen Gegenstand aufzubringen.

[0005] Der Nachteil der bekannten diffraktiven Sicherheitselemente ist in der Schwierigkeit des visuellen Wiedererkennens von komplizierten, sich optisch verändernden Mustern in einem engen Raumwinkel und der extrem hohen Flächenhelligkeit begründet, unter denen ein mit einem Beugungsgitter belegtes Flächenelement für einen Beobachter sichtbar ist. Die hohe Flächenhelligkeit kann zudem die Erkennbarkeit der Form des Flächenelements erschweren.

[0006] Ein einfach zu erkennendes Sicherheitselement ist aus der WO 83/00395 bekannt. Es besteht aus einem diffraktiven subtraktiven Farbfilter, das bei Beleuchtung mit z.B. Tageslicht in einer Betrachtungsrichtung rotes Licht reflektiert und nach einer Drehung des Sicherheitselements in seiner Ebene um 90° Licht einer anderen Farbe reflektiert. Das Sicherheitselement besteht aus in Kunststoff eingebetteten, feinen Lamellen aus einem transparenten Dielektrikum mit einem Brechungsindex, der viel grösser ist als der Brechungsindex des Kunststoffs. Die Lamellen bilden eine Gitterstruktur mit einer Spatialfrequenz von 2500 Linien/mm und reflektieren in der nullten Beugungsordnung rotes Licht mit einer sehr hohen Effizienz, wenn das auf die Lamellenstruktur einfallende weisse Licht so polarisiert ist, dass der E-Vektor des einfallenden Lichts parallel zu den Lamellen ausgerichtet ist. Für Spatialfrequenzen von 3100 Linien/mm reflektiert die Lamellenstruktur in der nullten Beugungsordnung grünes Licht, für noch höhere Spatialfrequenzen geht die reflektierte Farbe im Spektrum in den blauen Bereich. Nach van Renesse, Optical Document Security, 2nd Ed., pp. 274 - 277, ISBN 0-89006-982-4 sind solche Strukturen in grossen Mengen schwierig kostengünstig herzustellen.

[0007] Die US 4,426,130 beschreibt transparente, reflektierende sinusförmige Phasengitterstrukturen. Die Phasengitterstrukturen sind so ausgelegt, dass sie in der einen der beiden ersten Beugungsordnungen eine möglichst grosse Beugungseffizienz aufweisen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges und einfach zu erkennendes, diffraktives Sicherheitselement zu schaffen, das im Tageslicht einfach visuell überprüfbar ist.

[0009] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen.

[0010] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben.

[0011] Es zeigen:

- Figur 1 ein Sicherheitselement im Querschnitt,
- Figur 2 Beugungsebenen und Beugungsgitter,
- Figur 3 einen vergrösserten Ausschnitt aus Fig. 1,
- Figur 4 ein anderes Sicherheitselement im Querschnitt,
- Figur 5 Gittervektoren einer optisch wirksamen Struktur,
- Figur 6 eine Sicherheitsmarke in Draufsicht mit dem Azimut 0° und
- Figur 7 die Sicherheitsmarke in Draufsicht mit dem Azimut 90°.

[0012] In der Figur 1 bezeichnet 1 einen Schichtverbund, 2 ein Sicherheitselement, 3 ein Substrat, 4 eine Basisschicht, 5 einen optischen Wellenleiter, 6 eine Schutzschicht, 7 eine Kleberschicht, 8 Indicia und 9 eine optisch wirksame Struktur an der Grenzschicht zwischen der Basisschicht 4 und dem Wellenleiter 5. Der Schichtverbund 1 besteht aus mehreren Lagen von verschiedenen, nacheinander auf eine hier nicht gezeigte Trägerfolie aufgetragenen dielektrischen Schichten und umfasst in der angegebenen Reihenfolge wenigstens die Basisschicht 4, den Wellenleiter 5, die Schutzschicht 6 und die Kleberschicht 7. Für besonders dünne Schichtverbunde 1 bestehen die Schutzschicht 6 und die Kleberschicht

7 aus demselben Material, z.B. einem Heisskleber. Die Trägerfolie ist in einer Ausführungsform Teil der Basisschicht 4 und bildet eine Stabilisationsschicht 10 für eine auf der dem Wellenleiter 5 zugewandten Oberfläche der Stabilisationsschicht 10 angeordnete Abformschicht 11. Die Verbindung zwischen der Stabilisationsschicht 10 und der Abformschicht 11 weist eine sehr hohe Haftfestigkeit auf. Bei einer anderen Ausführungsform ist zwischen der Basisschicht 4 und der Trägerfolie eine hier nicht gezeigte Trennschicht angeordnet, da die Trägerfolie lediglich zum Applizieren des dünnen Schichtverbunds 1 auf das Substrat 3 dient und danach vom Schichtverbund 1 entfernt wird. Die Stabilisationsschicht 10 ist z.B. ein kratzfester Lack zum Schützen der weicheeren Abformschicht 11. Diese Ausführung des Schichtverbunds 1 ist in der eingangs erwähnten DE 33 08 831 A1 beschrieben. Die Basisschicht 4, der Wellenleiter 5, die Schutzschicht 6 und die Kleberschicht 7 sind wenigstens für einen Teil des sichtbaren Spektrums transparent, vorzugsweise jedoch glasklar. Daher sind die auf dem Substrat allfällig mit dem Schichtverbund 1 abgedeckten Indicia 8 durch den Schichtverbund 1 hindurch sichtbar.

[0013] In einer anderen Ausführungsform des Sicherheitselements, bei der die Transparenz nicht erforderlich ist, ist die Schutzschicht 6 und/oder die Kleberschicht 7 eingefärbt oder schwarz. Eine weitere Ausführung des Sicherheitselements weist nur die Schutzschicht 6 auf, falls diese Ausführungsform nicht zum Aufkleben bestimmt ist.

[0014] Der Schichtverbund 1 wird als z.B. Kunststofflaminat in Form einer langen Folienbahn mit einer Vielzahl von nebeneinander angeordneten Kopien des Sicherheitselementes 2 hergestellt. Aus der Folienbahn werden die Sicherheitselemente 2 beispielsweise ausgeschnitten und mittels der Kleberschicht 7 mit dem Substrat 3 verbunden. Das Substrat 3, meist in Form eines Dokuments, einer Banknote, einer Bankkarte, eines Ausweises oder eines anderen wichtigen bzw. wertvollen Gegenstandes, wird mit dem Sicherheitselement 2 versehen, um die Echtheit des Gegenstandes zu beglaubigen.

[0015] Damit der Wellenleiter 5 optisch wirksam wird, besteht der Wellenleiter 5 aus einem transparenten Dielektrikum, dessen Brechungsindex erheblich höher ist als die Brechungsindices der Kunststoffe für die Basisschicht 4, die Schutzschicht 6 und die Kleberschicht 7. Geeignete dielektrische Materialien sind beispielsweise in den eingangs erwähnten Schriften WO 99/47983 und US 4,856,857, Tabellen 1 und 6 aufgeführt. Bevorzugte Dielektrika sind ZnS, TiO₂ usw. mit Brechungsindices von $n \approx 2,3$.

[0016] Der Wellenleiter 5 schmiegt sich der die optisch wirksame Struktur 9 aufweisenden Grenzfläche zur Abformschicht 11 an und ist daher mit der optisch wirksamen Struktur 9 moduliert. Die optisch wirksame Struktur 9 ist ein Beugungsgitter mit einer so hohen Spatialfrequenz f , dass das unter einem Einfallswinkel α zur Flächennormale 12 des Sicherheitselementes 2 einfallende Licht 13 vom Sicherheitselement 2 nur in die nullte Beugungsordnung gebeugt wird und das gebeugte Licht 14 unter dem Ausfallswinkel β reflektiert wird, wobei gilt: Einfallswinkel α = Ausfallswinkel β . Damit ist für die Spatialfrequenz f eine untere Grenze von etwa 2200 Linien/mm bzw. eine obere Grenze für eine Periodenlänge d von 450 nm festgelegt. Diese Beugungsgitter werden "Beugungsgitter nullter Ordnung" genannt und sind mit "Beugungsgitter" gemeint. Das Beugungsgitter weist in der Zeichnung der Figur 1 als Beispiel ein sinusförmiges Profil auf, jedoch sind auch andere bekannte Profile verwendbar.

[0017] Der Wellenleiter 5 beginnt seine Funktion zu erfüllen, d.h. das reflektierte Licht 14 zu beeinflussen, wenn der Wellenleiter 5 wenigstens 10 bis 20 Perioden der optisch wirksamen Struktur 9 umfasst und daher eine minimale, von der Periodenlänge d abhängige Länge L von $L > 10d$ aufweist. Vorzugsweise liegt die untere Grenze der Länge L des Wellenleiters 5 im Bereich 50 bis 100 Periodenlängen d , damit der Wellenleiter 5 seine optimale Wirksamkeit entfaltet.

[0018] Das Sicherheitselement 2 weist in einer Ausführungsform auf seiner ganzen Fläche ein uniformes Beugungsgitter für die optisch wirksame Struktur 9 und einen Wellenleiter 5 von gleichförmiger Schichtdicke s auf. In einer anderen Ausführungsform bilden mosaikförmig angeordnete Flächenteile ein optisch leicht erkennbares Muster. Damit ein Flächenteil des Mosaiks in seinen Umrissen für einen Beobachter mit den blossen Auge erkennbar ist, sind die Abmessungen grösser als 0,3 mm zu wählen, d.h. der Wellenleiter 5 weist in jedem Fall eine genügende minimale Länge L auf.

[0019] Das mit weissem diffusen einfallendem Licht 13 beleuchtete Sicherheitselement 2 verändert die Farbe des reflektierten gebeugten Lichts 14, wenn seine Orientierung zur Beobachtungsrichtung mittels einer Kipp- oder Drehbewegung verändert wird. Die Drehbewegung hat als Drehachse die Flächennormale 12, die Kippbewegung erfolgt um eine in der Ebene des Sicherheitselementes 2 liegende Drehachse.

[0020] Die Beugungsgitter nullter Ordnung zeigen ein von der azimuthalen Ausrichtung des Beugungsgitters abhängiges, ausgeprägtes Verhalten gegenüber polarisiertem Licht 13. Für das Beschreiben der optischen Eigenschaften werden in der Figur 2 Beugungsebenen 15, 16 parallel und quer zu den Gitterlinien definiert, wobei die Beugungsebenen 15, 16 zudem die Flächennormale 12 auf das Sicherheitselement 2 (Fig. 1) enthalten. Die Bezeichnungen von Lichtstrahlen B_p , B_n des einfallenden Lichts 13 (Fig. 1) und von Richtungen der Polarisation des einfallenden Lichts 13 seien wie folgt festgelegt:

- Ein tiefgestelltes "p" bezeichnet den parallel zu Gitterlinien einfallenden Lichtstrahl B_p , während ein tiefgestelltes "n" den senkrecht zu den Gitterlinien einfallenden Lichtstrahl B_n bezeichnet;
- Ein tiefgestelltes "TE" beim Lichtstrahl B_p , B_n bedeutet eine Polarisation des elektrischen Felds senkrecht zur entsprechenden Beugungsebene 15 bzw. 16 und ein tiefgestelltes "TM" weist auf eine Polarisation des elektrischen

Felds in der entsprechenden Beugungsebene 15 bzw. 16 hin.

Beispielsweise fällt der Lichtstrahl B_{nTM} in der Beugungsebene 16 senkrecht auf die Gitterlinien des Sicherheitselementes 2 ein mit einer Polarisation des elektrischen Felds in der Beugungsebene 16.

[0021] Je nach den Parametern der optisch wirksamen Struktur 9 und des Wellenleiters 5 (Fig. 1) weisen die jeweiligen Ausführungsformen des Sicherheitselementes 2 unterschiedliches optisches Verhalten auf. Derartige Ausführungsformen werden in den nachfolgenden, nicht abschliessend aufgeführten Beispielen beschrieben.

Beispiel 1: Farbwechsel bei Drehung

[0022] In der Figur 3 ist der Wellenleiter 5 im Querschnitt vergrössert dargestellt. Die Kunststoffschichten, Stabilisationsschicht 10, die Abformschicht 11, die Schutzschicht 6 und die Kleberschicht 7 (Fig. 1) weisen gemäss US 4,856,857, Tabelle 6 Brechungsindices n_1 im Bereich von 1,5 bis 1,6 auf. Auf die in die Abformschicht 11 eingebrachte optisch wirksame Struktur 9 wird das für sichtbares Licht 13 (Fig. 1) transparente Dielektrikum mit dem Brechungsindex n_2 in der Schichtdicke s gleichmässig abgeschieden, so dass auf der Grenzfläche gegen die Schutzschicht 6 die Oberfläche des Wellenleiters 5 ebenfalls die optisch wirksame Struktur 9 aufweist. Das Dielektrikum ist eine anorganische Verbindung, wie sie z.B. in der US 4,856,857, Tabelle 1 und in der WO 99/47983 erwähnt sind, und weist einen Wert für den Brechungsindex n_2 von wenigstens $n_2 = 2$ auf.

[0023] In einer Ausführungsform des Sicherheitselementes 2 sind die Werte für die Profiltiefe t der optisch wirksamen Struktur 9 und der Schichtdicke s etwa gleich; d.h. $s \approx t$, wobei der Wellenleiter 5 mit der Periode $d = 370$ nm moduliert ist. Vorzugsweise ist die Schichtdicke $s \approx t = 75 \pm 3$ nm. Fällt der in der einen Beugungsebene 16 (Fig. 2) einfallende Lichtstrahl B_{nTE} unter einem Einfallswinkel $\alpha = 25^\circ$ auf das Sicherheitselement 2 ein, reflektiert das Sicherheitselement 2 das gebeugte Licht 14 (Fig. 1) mit einer grünen Farbe. Vom orthogonal polarisierten Lichtstrahl B_{nTM} wird nur im infraroten, unsichtbaren Teil des Spektrums Licht 14 reflektiert. Der in der anderen Beugungsebene 15 unter dem gleichen Einfallswinkel $\alpha = 25^\circ$ einfallende Lichtstrahl B_{pTM} verlässt das Sicherheitselement 2 als gebeugtes Licht 14 in roter Farbe, während das vom Lichtstrahl B_{pTE} erzeugte gebeugte Licht 14 eine orange Mischfarbe mit einer im Vergleich zum reflektierten Licht 14 des Lichtstrahls B_{pTM} schwachen Intensität aufweist. Die Farbe des Sicherheitselementes 2 wechselt bei einer Beleuchtung mit weissem, unpolarisiert einfallendem Licht 13 für einen Beobachter von Grün auf Rot bei einer Drehung des Sicherheitselementes 2 um 90° . Das Kippen des Sicherheitselementes 2 im Bereich von $\alpha = 25^\circ \pm 5^\circ$ verändert die Farbe nur unwesentlich; die Veränderung ist mit dem blossen Auge kaum zu bemerken. Im Drehwinkelbereich $0^\circ \pm 20^\circ$ ist nur die rote B_{pTM} Reflexion, im Drehwinkelbereich $90^\circ \pm 20^\circ$ nur die grüne B_{nTE} Reflexion sichtbar. Im Zwischenbereich 20° bis 70° gibt es eine Mischfarbe aus zwei benachbarten Spektralbereichen, die eine für die Komponente von B_{nTE} , die andere für die Komponente von B_{pTM} .

[0024] Dieses Verhalten des Sicherheitselementes 2 ändert sich bis auf leichte Farbverschiebungen nicht wesentlich, wenn die Schichtdicke s des Wellenleiters 5 zwischen 65 nm und 85 nm und die Profiltiefe t zwischen 60 nm und 90 nm variiert wird.

[0025] Ein Verkürzen der Periodenlänge d auf 260 nm bei anderen Ausführungsformen verschiebt die Farbe des gebeugten Lichts 14 bei einfallenden Lichtstrahl B_{nTE} von Grün nach Rot und bei einfallenden Lichtstrahl B_{pTM} von Rot nach Grün. Die vom Lichtstrahl B_{nTE} erzeugte Farbe Rot verändert sich beim Kippen des Sicherheitselementes 2 in Richtung kleinerer Winkel im Bereich von $\alpha = 20^\circ$ zu Orange.

Beispiel 2: Kippinvariante Farbe

[0026] Eine andere Ausführungsform des Sicherheitselementes 2 zeigt ein vorteilhaftes optisches Verhalten, da bei der Beleuchtung mit weissem unpolarisiertem Licht 13 für kleine Kippwinkel, entsprechend dem Einfallswinkel zwischen $\alpha = 10^\circ$ und $\alpha = 40^\circ$, die Farbe des gebeugten Lichts 14 praktisch invariant bleibt. Die Parameter des Wellenleiters 5, die Schichtdicke s und die Profiltiefe t , sind hier durch die Beziehung $s \approx 2t$ verknüpft. Beispielsweise ist die Schichtdicke $s = 115$ nm und die Profiltiefe $t = 65$ nm. Die Periodenlänge d der optisch wirksamen Struktur 9 beträgt $d = 345$ nm. Im angegebenen Bereich des Kippwinkels bei der Beleuchtung mit weissem unpolarisiertem Licht 13 parallel zu den Gitterlinien der optisch wirksamen Struktur 9 weist das gebeugte Licht 14 eine rote Farbe auf, zu der hauptsächlich die Lichtstrahlen B_{pTM} beitragen. Bei einer Drehbewegung des Sicherheitselementes 2 um wenige Azimutwinkelgrade bleibt die reflektierte Farbe rot, bei weiter zunehmendem Drehwinkel werden symmetrisch zu Rot zwei Farben reflektiert, wovon sich die kurzwelligere Farbe in Richtung Ultraviolett verschiebt und die langwelligere Farbe rasch im infraroten Bereich verschwindet. Beispielsweise ist bei einem Azimutwinkel von 30° die kurzwelligere Farbe ein Orange; die langwelligere Farbe ist für den Beobachter unsichtbar.

Beispiel 3: Farbwechsel beim Kippen

[0027] Wird das Sicherheitselement 2 so gedreht, dass das einfallende Licht 13 senkrecht zu den Gitterlinien gerichtet ist, zeigt das Sicherheitselement 2 des Beispiels 2 beim Kippen um eine Achse parallel zu den Gitterlinien des Beugungsgitters eine Farbverschiebung: beispielsweise erblickt der Beobachter die Fläche des Sicherheitselements 2 bei senkrechtem Lichteinfall, d.h. beim Einfallswinkel $\alpha = 0^\circ$ in einem Orange, beim Einfallswinkel $\alpha = 10^\circ$ eine Mischfarbe aus etwa 67 % Grün und 33 % Rot und beim Einfallswinkel $\alpha = 30^\circ$ ein fast spektral reines Blau.

Beispiel 4: Drehinvarianter Farbwechsel beim Kippen

[0028] Bei einer anderen Ausführungsform des Sicherheitselements 2 besteht die optisch wirksame Struktur 9 aus wenigstens zwei sich kreuzenden Beugungsgittern. Die Beugungsgitter kreuzen sich mit Vorteil unter Kreuzungswinkel im Bereich 10° bis 30° . Jedes Beugungsgitter ist z.B. durch eine Profiltiefe t von 150 nm und eine Periodenlänge von $d = 417$ nm bestimmt. Die Schichtdicke s des Wellenleiters 5 beträgt $s = 60$ nm, so dass die Parameter s und t des Wellenleiters 5 die Beziehung $t \approx 3s$ erfüllen. Bei der Beleuchtung mit weissem, unpolarisiertem einfallendem Licht 13 senkrecht zu den Gitterlinien des ersten Beugungsgitters gibt es beim Kippen um eine Achse parallel zu den Gitterlinien des ersten Beugungsgitters eine Farbverschiebung, z.B. von Rot zu Grün oder umgekehrt. Dieses Verhalten bleibt nach einer Drehung um den Kreuzungswinkel erhalten, da jetzt die Kippachse parallel zu den Gitterlinien des zweiten Beugungsgitters ausgerichtet ist.

Beispiel 5: Mit asymmetrischem Sägezahn-Reliefprofil

[0029] In der in der Figur 4 im Querschnitt gezeigten weiteren Ausführungsform des Sicherheitselements 2 ist die optisch wirksame Struktur 9 eine Überlagerung des Beugungsgitters nullter Ordnung mit dem Beugungsgittervektor 19 (Fig. 5) und mit einem asymmetrischen, sägezahnförmigen Reliefprofil 17 einer niedrigen Spatalfrequenz von $F \leq 200$ Linien/mm. Dies ist für eine Betrachtung des Sicherheitselements 2 von Vorteil, da für viele Personen die Betrachtung der oben beschriebenen Sicherheitselemente 2 unter dem Reflexionswinkel β (Fig. 1) sehr ungewohnt ist. Die höchste zulässige Spatalfrequenz F hängt von der Periodenlänge d (Fig. 3) der optisch wirksamen Struktur 9 ab. Nach den oben genannten Kriterien für eine gute Effizienz ist die Länge L des Wellenleiters 5 innerhalb einer Periode des Reliefprofils 17 wenigstens $L = 10d$ bis $20d$ vorzugsweise aber $L = 50d$ bis $100d$. Bei einer grössten Periodenlänge $d = 450$ nm ist bei $L = 10d$ bzw. $20d$ die Spatalfrequenz F des Reliefprofils 17 demnach kleiner als $F = 1/L < 220$ Linien/mm bzw. 110 Linien/mm zu wählen.

[0030] Entsprechend der Höhe des Reliefprofils 17 bzw. einem Blazewinkel γ des Sägezahnprofils wird bei der Beleuchtung des Sicherheitselements 2 mittels unter dem zur Flächennormale 12 gemessenen Einfallswinkel α einfallenden Lichtes 13 das gebeugte Licht 14 unter einem grösseren Ausfallwinkel β_1 reflektiert. Das einfallende Licht 13 fällt unter dem Winkel $\gamma + \alpha$ zur Senkrechten 18 auf die wegen des Reliefprofils 17 geneigte Ebene des Wellenleiters 5 ein und wird als gebeugtes Licht 14 unter dem gleichen Winkel zur Senkrechten 18 reflektiert. Der auf die Flächennormale 12 bezogene Ausfallwinkel β_1 beträgt $\beta_1 = 2\gamma + \alpha$. Der Vorteil dieser Anordnung ist ein erleichtertes Betrachten des vom Sicherheitselement 2 erzeugten, optischen Effekts. Hier ist anzumerken, dass in der Zeichnung der Figur 4 die Refraktion in den Materialien des Schichtverbunds 1 (Fig. 1) vernachlässigt ist. Unter der Berücksichtigung der Refraktionseffekte im Schichtverbund 1 sind Periodenlängen d bis ca. $d = 500$ nm für die Sicherheitselemente 2 verwendbar, da bei dieser Periodenlänge selbst die Blauanteile des in die ersten Ordnungen gebeugten Lichts 14 wegen Totalreflexion den Schichtverbund 1 (Fig. 1) nicht verlassen können. Der Blazewinkel γ weist einen Wert aus dem Bereich von $\gamma = 1^\circ$ bis $\gamma = 15^\circ$ auf.

[0031] Die Figur 5 zeigt die optisch wirksame Struktur 9, die eine Überlagerung des Beugungsgitters mit einem asymmetrischen, sägezahnförmigen Reliefprofil 17 ist. Die azimutale Orientierung des Beugungsgitters ist mittels dessen Beugungsgittervektor 19 festgelegt. Die Reliefstruktur 17 weist die durch den Reliefvektor 20 angegebene azimutale Orientierung auf. Die optisch wirksame Struktur 9 ist durch einen weiteren Parameter definiert, einen vom Beugungsgittervektor 19 und vom Reliefvektor 20 eingeschlossenen Azimutdifferenzwinkel ψ . Bevorzugte Werte für den Azimutdifferenzwinkel sind $\psi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ usw.

[0032] Ganz allgemein sind diesen Sicherheitselementen 2 (Fig. 3) eine hohe Beugungseffizienz von fast 100% wenigstens für eine Polarisation eigen. Der wichtigste Parameter des Sicherheitselementes 2 für das Farbverschiebungsvermögen ist die Periodenlänge d (Fig. 3). Die Schichtdicke s (Fig. 3) des Wellenleiters und die Profiltiefe t (Fig. 3) sind für die Dielektrika ZnS und TiO_2 nicht so kritisch und beeinflussen die Beugungseffizienz und die exakte Lage der Farbe im sichtbaren Spektrum nur gering, beeinflussen jedoch die spektrale Reinheit des reflektierten gebeugten Lichts 14 (Fig. 4).

[0033] Für diese Sicherheitselemente 2 sind die Parameter nach der Tabelle 1 verwendbar.

[0034] Der Parameter Periodenlänge d bestimmt die Farbe des in die nullte Ordnung reflektiert gebeugten Lichts 14. Eine Veränderung des Parameters Schichtdicke s des Wellenleiters 5 (Fig. 4) beeinflusst hauptsächlich die spektrale

Reinheit der Farbe des gebeugten Lichts 14 und verschiebt die Lage der Farbe im Spektrum in einem geringen Ausmass. Die Profiltiefe t beeinflusst die Modulation des Wellenleiters 5 und damit dessen Wirkungsgrad. Abweichungen von $\pm 5\%$ von den in den Beispielen angegebenen Werten für d , s , t und ψ beeinflussen die beschriebenen optischen Effekte für das blosse Auge nicht merklich. Diese grosse Toleranz erleichtert die Fabrikation des Sicherheitselementes 2 erheblich.

Tabelle 1:

Parameter (in Nanometer)	Grenzwertbereich		Vorzugsbereich	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Periodenlänge d	100	500	200	450
Profiltiefe t	20	1000	50	500
Schichtdicke s	5	500	10	100

[0035] In den Figuren 6 und 7 ist eine Ausführungsform des Sicherheitselementes 2 (Fig. 3) gezeigt, auf dessen Fläche eine Kombinationen einer Vielzahl von Teilflächen 21, 22 angeordnet ist. Die Teilflächen 21, 22 enthalten Wellenleiter 5 (Fig. 3) und unterscheiden sich in der optisch wirksamen Struktur 9 (Fig. 3) und in der azimuthalen Orientierung des Beugungsgittervektors 19 (Fig. 5). Technisch schwierig zu realisieren sind im Schichtverbund 1 (Fig. 1) Unterschiede in der Schichtdicke s der Wellenleiter 5; diese sind aber hier ausdrücklich nicht ausgeschlossen. Aus dem Schichtverbund 1 ist eine Marke 23 ausgeschnitten und auf das Substrat 3 aufgeklebt. Im gezeigten Beispiel weist die Marke 23 zwei Teilflächen 21, 22 auf. Zur Illustration ist in der Figur 6 das Sicherheitselement 2 des vorstehend beschriebenen Beispiels 1 eingesetzt, wobei die Orientierung des Beugungsgittervektors 19 (Fig. 5) der ersten Teilfläche 21 orthogonal zum Beugungsgittervektor 19 der zweiten Teilfläche 22 ist. Die Beobachtungsrichtung ist in einer die Flächennormale 12 enthaltenden Ebene, deren Spur in der Zeichenebene der Figuren 6 und 7 mit der gestrichelten Linie 24 angegeben ist. Für die erste Teilfläche 21 fällt das weisse, unpolarisierte einfallende Licht 13 (Fig. 1) senkrecht zu den Gitterlinien und bei der zweiten Teilfläche 22 das einfallende Licht 13 parallel zu den Gitterlinien unter dem Einfallswinkel $\alpha = 25^\circ$ ein. Der Beobachter erblickt daher die erste Teilfläche 21 in einer grünen Farbe und die zweite Teilfläche 22 in einer roten Farbe. Da der Schichtverbund 1 (Fig. 1) transparent ist, sind Indicia 8 des Substrats unter der Marke 23 erkennbar.

[0036] Nach einer Drehung des Substrats 3 mit der Marke 23 um einen Winkel von 90° , wie in der Figur 7 gezeigt, fällt das einfallende Licht 13 (Fig. 1) auf die erste Teilfläche 21 senkrecht zu den Gitterlinien des Beugungsgitters und auf die zweite Teilfläche 22 parallel zu den Gitterlinien ein, wie dies durch den Winkel zwischen Schraffierungen der Teilflächen 21, 22 und der Linie 24 in der Zeichnung der Figur 7 angedeutet ist. Durch das Drehen des Substrats 3 um 90° vertauschen sich die Farben der Teilflächen 21, 22; d.h. die erste Teilfläche 21 erstrahlt in Rot und die zweite Teilfläche 22 in Grün.

[0037] Bei einer anderen Ausführungsform des Sicherheitselementes 2 kann die Anordnung einer Vielzahl gleicher Teilflächen 21 auf der Marke 23 einen Kreisring bilden, wobei die Beugungsgittervektoren 19 auf das Kreisringzentrum ausgerichtet sind. Bei Betrachtungsrichtung längs eines Durchmessers des Kreisrings leuchten unabhängig von der azimuthalen Lage des Substrats 3 die entferntesten ($0^\circ \pm 20^\circ$) und die nächstgelegenen ($180^\circ \pm 20^\circ$) Teilbereiche des Kreisrings in einer grünen Farbe und die am weitesten vom Durchmesser entfernten Bereiche bei $90^\circ \pm 20^\circ$ bzw. $270^\circ \pm 20^\circ$ des Kreisrings in einer roten Farbe auf. Dazwischen liegende Bereiche weisen die oben beschriebene Mischfarbe aus zwei benachbarten Spektralbereichen auf. Das Farbmuster ist gegenüber einer Drehung des Substrates 3 invariant und scheint sich relativ zu allfälligen Indicia 8 (Fig. 1) zu bewegen. Ein Kreisring mit gekrümmten Gitterlinien erzeugt den gleichen Effekt, wenn die Gitterlinien konzentrisch zum Mittelpunkt des Kreisrings angeordnet sind.

[0038] In einer weiteren Ausgestaltung der Figur 7 sind beispielsweise die Teilflächen 21, 22 auf einem Hintergrund 25 angeordnet. Die Teilflächen 21 und 22 enthalten die optisch wirksame Struktur 9 (Fig. 4) aus dem Beispiel 5, wobei der Reliefvektor 20 (Fig. 5) der einen Teilfläche 21 dem Reliefvektor 20 der anderen Teilfläche 22 entgegengesetzt ist. Die optisch wirksame Struktur 9 des Hintergrunds 25 besteht nur aus dem Beugungsgitter, das nicht durch die Reliefstruktur 17 (Fig. 5) moduliert ist. Der Beugungsgittervektor 19 kann parallel oder senkrecht zu den Reliefvektoren 20 ausgerichtet sein; der Winkel γ (Fig. 5) kann durchaus auch andere Werte aufweisen.

[0039] Selbstverständlich sind ohne Einschränkung alle vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Sicherheitselemente 2 mit Vorteil kombinierbar, da die spezifischen, vom Azimut bzw. vom Kippwinkel abhängigen optischen Effekte durch die gegenseitige Referenzierung wesentlich auffälliger und daher leichter erkennbar sind.

[0040] Schliesslich weisen andere Ausführungen des Sicherheitselements 2 auch Feldanteile 26 (Fig. 6) mit Gitterstrukturen mit Spatialfrequenzen im Bereich von 300 Linien/mm bis 1800 Linien/mm und Azimutwinkel im Bereich 0° bis 360° auf, die in den in der eingangs erwähnten EP 0 105 099 A1 und der EP 0 375 833 A1 beschriebenen Flächenmustern verwendet sind. Die Feldanteile 26 erstrecken sich über das Sicherheitselement 2 bzw. über die Teilflächen 21, 22, 25 und bilden eines der bekannten optisch variablen Muster, das sich beim Drehen oder Kippen unabhängig

von den optischen Effekten der Wellenleiterstrukturen unter gleichen Beobachtungsbedingungen vorbestimmt verändert. Der Vorteil dieser Kombination ist, dass die Flächenmuster die Fälschungssicherheit des Sicherheitselements 2 erhöhen.

5 Patentansprüche

1. Diffraktives Sicherheitselement (2) mit einem optischen Wellenleiter (5) aus einem transparenten Dielektrikum integriert in einen Schichtverbund (1) und eingebettet zwischen einer zu beleuchtenden, transparenten Basisschicht (4) und einer Schutzschicht (6), wobei das Dielektrikum einen erheblich höheren Brechungsindex als der Kunststoff der angrenzenden Schichten (4; 6) aufweist, und sich in Teilflächen (21; 22; 25) an eine optisch wirksame Struktur (9) einer Grenzfläche zur Basisschicht (4) anschmiegt,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Wellenleiter (5) das transparente Dielektrikum von gleichförmiger Schichtdicke (s) ist und einen Wert des Brechungsindex von wenigstens 2 aufweist,
dass der Wellenleiter mittels der optisch wirksamen Strukturen (9) moduliert ist und die optisch wirksame Struktur (9) als Grundstruktur ein Beugungsgitter nullter Ordnung mit einem Beugungsgittervektor (19), einer Periodenlänge (d) aus dem Bereich von 100 - 500 nm und einer Profiltiefe (t) aus dem Bereich von 20 nm bis 1 μ m besitzt,
dass der Wellenleiter (5) eine minimale Länge (L) von wenigstens 10 bis 20 Periodenlängen (d) des Beugungsgitters nullter Ordnung aufweist. und
dass in wenigstens einer der Teilflächen (21; 22; 25) die Profiltiefe (t) und Schichtdicke (s) für die Modulation des Wellenleiters (5) in einem der vorbestimmten Verhältnisse $t \approx 3s$ oder $s \approx t$ oder $s \approx 2t$ stehen.
2. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werte der Periodenlänge (d), der Profiltiefe (t) und der Schichtdicke (s) mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ behaftet sind.
3. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke (s) Werte aus dem Bereich 65 nm bis 85 nm und die Profiltiefe (t) Werte aus dem Bereich 60 nm bis 90 nm aufweisen und dass für die Periodenlänge (d) ein Wert aus dem Bereich 260 nm bis 370 nm ausgewählt ist.
4. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke (s) mit 115 nm, die Profiltiefe (t) mit 65 nm und die Periodenlänge (d) mit 345 nm gewählt ist.
5. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichtdicke (s) einen Wert von 60 nm, die Profiltiefe (t) einen Wert von 150 nm und die Periodenlänge (d) einen Wert von 417 nm aufweist.
6. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundstruktur der optisch wirksamen Struktur (9) ein aus zwei sich kreuzenden Beugungsgittern nullter Ordnung bestehendes Beugungsgitter ist.
7. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kreuzungswinkel der Beugungsgittern nullter Ordnung im Bereich von 10° bis 30° liegt.
8. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optisch wirksame Struktur (9) eine Überlagerung der Grundstruktur mit einer sägezahnförmigen Reliefstruktur (17) mit einem Reliefvektor (20) ist, dass die Reliefstruktur (17) eine Spatalfrequenz (F) kleiner als der Kehrwert der minimalen Länge (L) des Wellenleiters (5) aufweist.
9. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die sägezahnförmigen Reliefstruktur (17) asymmetrisch mit einem Blazewinkel (γ) ist und der Blazewinkel (γ) einen Wert aus dem Bereich 1° bis 15° aufweist.
10. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beugungsgittervektor (19) und der Reliefvektor (20) einen Azimutdifferenzwinkel (ψ), mit einem der Werte aus der Reihe 0° , 45° , 90° usw. einschliessen.
11. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Dielektrikum des Wellenleiters ZnS oder TiO_2 eingesetzt ist.

12. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Wellenleiter (5) der Teilflächen (21; 22) in der optisch wirksamen Struktur (9) unterscheiden.
13. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Wellenleiter (5) der Teilflächen (21; 22; 25) in der azimutalen Orientierung der Beugungsgittervektoren (19) unterscheiden.
14. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beugungsgittervektor (19) der einen Teilfläche (21) orthogonal zum Beugungsgittervektor (19) einer der anderen Teilflächen (22; 25) ausgerichtet ist.
15. Diffraktives Sicherheitselement (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Teilflächen (21; 22; 25) Feldanteile (26) mit Gitterstrukturen der Spatialfrequenzen im Bereich von 300 Linien/mm bis 1800 Linien/mm und Azimutwinkel im Bereich 0° bis 360° angeordnet sind.

Claims

1. Diffractive security element (2) having an optical waveguide (5) composed of a transparent dielectric integrated into a layer composite (1) and embedded between a transparent base layer (4) to be illuminated and a protective layer (6), the dielectric having a considerably higher refractive index than the plastic of the adjoining layers (4; 6) and in partial areas (21; 22; 25) nestling against an optically active structure (9) of an interface with the base layer (4), **characterized in that** in the waveguide (5) the transparent dielectric is of uniform layer thickness (s) and has a value of the refractive index of at least 2, **in that** the waveguide is modulated by means of the optically active structures (9) and the optically active structure (9) has, as a basic structure, a diffraction grating of zeroth order with a diffraction grating vector (19), a period length (d) from the range of 100 - 500 nm and a profile depth (t) from the range of 20 nm to 1 μ m, **in that** the waveguide (5) has a minimum length (L) of at least 10 to 20 period lengths (d) of the diffraction grating of zeroth order, and **in that**, in at least one of the partial areas (21; 22; 25), the profile depth (t) and layer thickness (s) for the modulation of the waveguide (5) are in one of the predetermined relations $t \approx 3s$ or $s \approx t$ or $s \approx 2t$.
2. Diffractive security element (2) according to Claim 1, **characterized in that** the values of the period length (d), of the profile depth (t) and of the layer thickness (s) exhibit a tolerance of $\pm 5\%$.
3. Diffractive security element (2) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the layer thickness (s) has values from the range of 65 nm to 85 nm and the profile depth (t) has values from the range of 60 nm to 90 nm, and **in that** a value from the range of 260 nm to 370 nm is selected for the period length (d).
4. Diffractive security element (2) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the layer thickness (s) is chosen with a value of 115 nm, the profile depth (t) is chosen with a value of 65 nm and the period length (d) is chosen with a value of 345 nm.
5. Diffractive security element (2) according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the layer thickness (s) has a value of 60 nm, the profile depth (t) has a value of 150 nm, and the period length (d) has a value of 417 nm.
6. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the basic structure of the optically active structure (9) is a diffraction grating comprising two mutually crossing diffraction gratings of zeroth order.
7. Diffractive security element (2) according to Claim 6, **characterized in that** the crossing angle of the diffraction gratings of zeroth order lies within the range of 10° to 30°.
8. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** the optically active structure (9) is a superimposition of the basic structure with a sawtooth-shaped relief structure (17) with a relief vector (20), **in that** the relief structure (17) has a spatial frequency (F) lower than the reciprocal of the minimum length (L) of

the waveguide (5).

9. Diffractive security element (2) according to Claim 8, **characterized in that** the sawtooth-shaped relief structure (17) is asymmetrical with a blaze angle (γ) and the blaze angle (γ) has a value in the range of 1° to 15° .
10. Diffractive security element (2) according to Claim 8 or 9, **characterized in that** the diffraction grating vector (19) and the relief vector (20) form an azimuth difference angle (ψ) having one of the values from the series 0° , 45° , 90° , etc.
11. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** ZnS or TiO_2 is used as the dielectric of the waveguide.
12. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the waveguides (5) of the partial areas (21; 22) differ in terms of the optically active structure (9).
13. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 12, **characterized in that** the waveguides (5) of the partial areas (21; 22; 25) differ in terms of the azimuthal orientation of the diffraction grating vectors (19).
14. Diffractive security element (2) according to Claim 12 or 13, **characterized in that** the diffraction grating vector (19) of one partial area (21) is oriented orthogonally with respect to the diffraction grating vector (19) of one of the other partial areas (22; 25).
15. Diffractive security element (2) according to one of Claims 1 to 14, **characterized in that** field components (26) with grating structures of the spatial frequencies within the range of 300 lines/mm to 1800 lines/mm and azimuth angles within the range of 0° to 360° are arranged in the partial areas (21; 22; 25).

Revendications

1. Élément de sécurité à diffraction (2) à guide d'onde optique (5) formé d'un diélectrique transparent intégré dans un assemblage de couches (1) et encastré entre une couche de base (4) transparente à éclairer et une couche de protection (6), le diélectrique présentant un indice de réfraction considérablement plus élevé que le matériau plastique des couches adjacentes (4 ; 6), et s'adaptant dans des surfaces partielles (21 ; 22 ; 25) à une structure optiquement efficace (9) d'une surface de délimitation par rapport à la couche de base (4),
caractérisé en ce que
le diélectrique transparent présente dans le guide d'onde (5) une épaisseur de couche uniforme et une valeur d'indice de réfraction d'au moins 2,
le guide d'onde est modulé au moyen des structures optiquement efficaces (9), et la structure optiquement efficace (9) en tant que structure de base possède un réseau de diffraction d'ordre nul avec un vecteur de réseau de diffraction (19), une longueur périodique (d) dans la plage allant de 100 à 500 nm et une profondeur de profil (t) dans la plage allant de 20 nm à 1 μm ,
le guide d'onde (5) comporte une longueur minimale (L) d'au moins 10 à 20 longueurs périodiques (d) du réseau de diffraction d'ordre nul,
et
dans au moins une des surfaces partielles (21 ; 22 ; 25) la profondeur de profil (t) et l'épaisseur de couche (s) sont situées pour la modulation du guide d'onde (5) dans un des rapports prédéfinis $t \approx 3s$ ou $s \approx t$ ou $s \approx 2t$.
2. Élément de sécurité à diffraction (2) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les valeurs de la longueur périodique (d), de la profondeur de profil (t) et de l'épaisseur de couche (s) supportent une tolérance de $\pm 5\%$.
3. Élément de sécurité à diffraction (2) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de couche (s) présente des valeurs dans la plage allant de 65 nm à 85 nm, et la profondeur de profil (t) des valeurs dans la plage allant de 60 nm à 90 nm, et **en ce que** pour la longueur périodique (d) une valeur dans la plage allant de 260 nm à 370 nm est sélectionnée.
4. Élément de sécurité à diffraction (2) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de couche (s) est sélectionnée avec 115 nm, la profondeur de profil (t) avec 65 nm et la longueur périodique (d) avec 345 nm.
5. Élément de sécurité à diffraction (2) selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de couche

(s) présente une valeur de 60 nm, la profondeur de profil (t) une valeur de 150 nm et la longueur périodique (d) une valeur de 417 nm.

- 5 6. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la structure de base de la structure optiquement efficace (9) est un réseau de diffraction formé de deux réseaux de diffraction se croisant d'ordre nul.
- 10 7. Élément de sécurité à diffraction (2) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'angle d'intersection des réseaux de diffraction d'ordre nul se situe dans la plage allant de 10° à 30°.
- 15 8. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la structure optiquement efficace (9) est une superposition de la structure de base avec une structure en relief en dents de scie (17) avec un vecteur de relief (20), **en ce que** la structure en relief (17) présente une fréquence spatiale (F) inférieure à la valeur inverse de la longueur minimale (L) du guide d'onde (5).
- 20 9. Élément de sécurité à diffraction (2) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la structure en relief en dents de scie (17) est asymétrique avec un angle de blaze (γ), et l'angle de blaze (γ) présente une valeur comprise dans la plage allant de 1° à 15°.
- 25 10. Élément de sécurité à diffraction (2) selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le vecteur de réseau de diffraction (19) et le vecteur de relief (20) incluent un angle différentiel azimutal (ψ) comprenant une des valeurs de la suite 0°, 45°, 90°, etc.
- 30 11. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** ZnS ou TiO₂ sert de diélectrique du guide d'onde.
- 35 12. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les guides d'ondes (5) des surfaces partielles (21 ; 22) se différencient dans la structure optiquement efficace (9).
- 40 13. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** les guides d'ondes (5) des surfaces partielles (21 ; 22 ; 25) se différencient dans l'orientation azimutale des vecteurs de réseau de diffraction (19).
- 45 14. Élément de sécurité à diffraction (2) selon les revendications 12 ou 13, **caractérisé en ce que** le vecteur de réseau de diffraction (19) d'une des surfaces partielles (21) est aligné orthogonalement au vecteur de réseau de diffraction (19) d'une des autres surfaces partielles (22 ; 25).
- 50 15. Élément de sécurité à diffraction (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** des fractions de champ (26) comprenant des structures de réseau de fréquences spatiales dans la plage allant de 300 lignes/mm à 1800 lignes/mm et un angle azimutal dans la plage allant de 0° à 360° sont situées dans les surfaces partielles (21 ; 22 ; 25).
- 55

Fig. 1

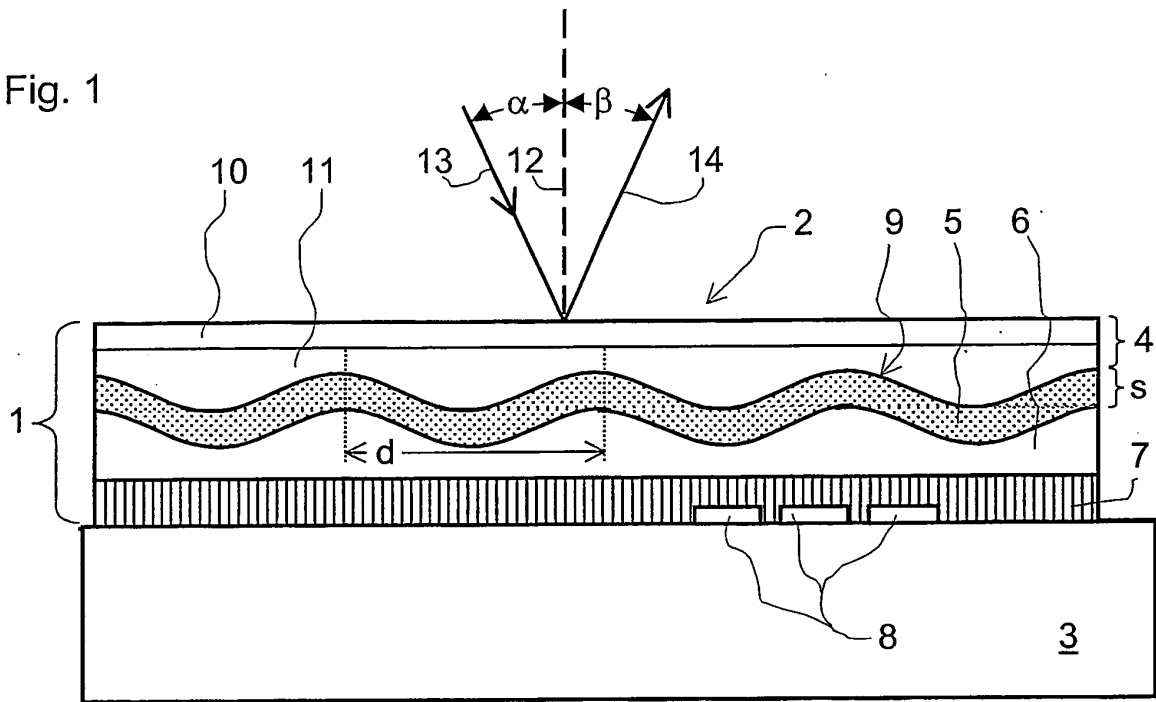


Fig. 2

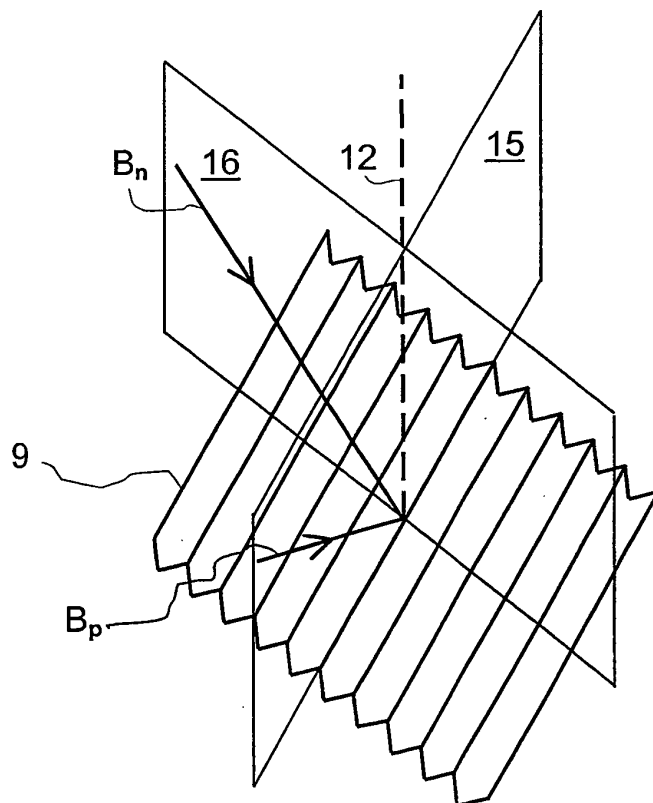


Fig. 3

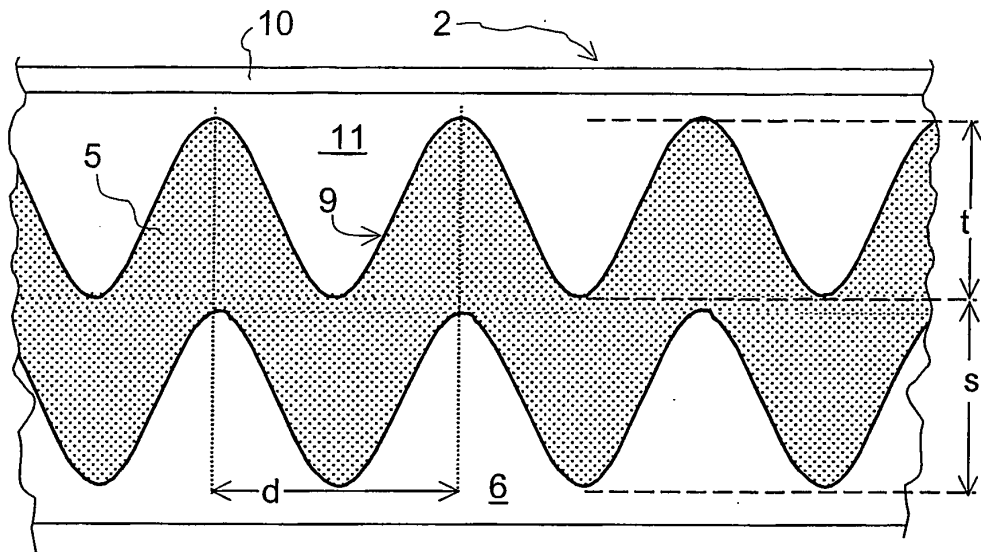


Fig. 4

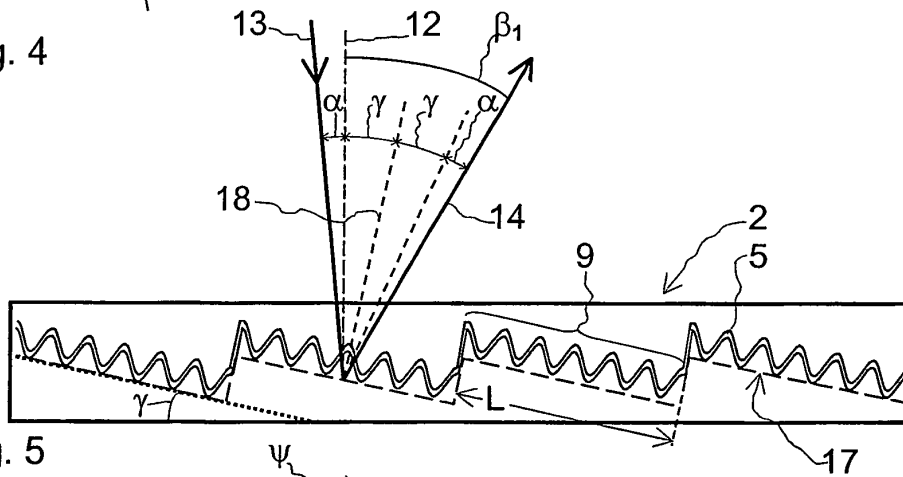


Fig. 5

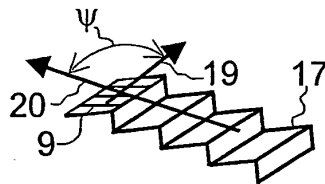


Fig. 6

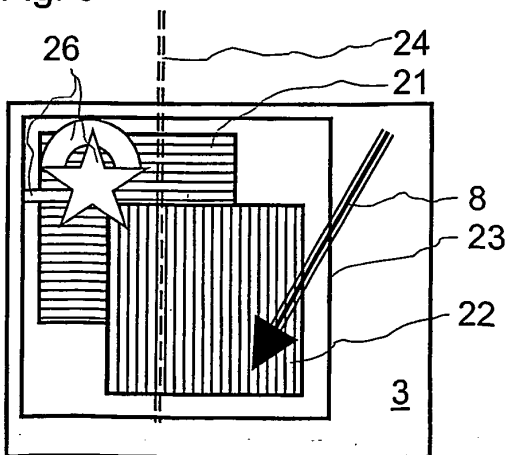
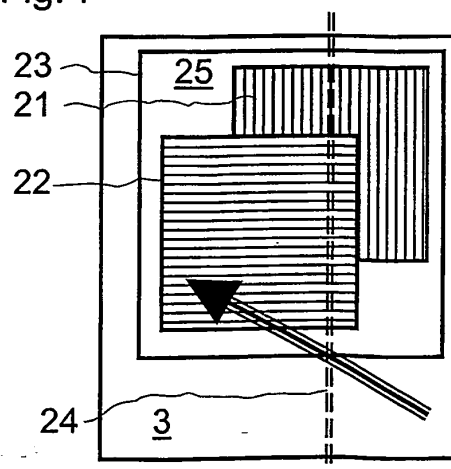


Fig. 7



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 0105099 A1 [0003] [0040]
- EP 0375833 A1 [0003] [0040]
- US 4856857 A [0004] [0004] [0015] [0022] [0022]
- WO 9947983 A [0004] [0015] [0022]
- DE 3308831 A1 [0004] [0012]
- WO 8300395 A [0006]
- US 4426130 A [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **RENESSE.** Optical Document Security. 274-277
[0006]