



(11) **EP 2 225 110 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.06.2021 Patentblatt 2021/24

(51) Int Cl.:
B42D 15/00 (2006.01) B42D 25/00 (2014.01)

(21) Anmeldenummer: **08867771.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/010747

(22) Anmeldetag: **17.12.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/083151 (09.07.2009 Gazette 2009/28)

(54) **SICHERHEITSELEMENT**

SECURITY ELEMENT

ÉLÉMENT DE SÉCURITÉ

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

(30) Priorität: **21.12.2007 DE 102007061979**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.09.2010 Patentblatt 2010/36

(73) Patentinhaber: **Giesecke+Devrient Currency Technology GmbH**
81677 München (DE)

(72) Erfinder:
• **RAHM, Michael**
93155 Hemau (DE)
• **DICHTL, Marius**
81371 München (DE)

- **HEIM, Manfred**
83646 Bad Tölz (DE)
- **LOCHBIHLER, Hans**
80333 München (DE)
- **KÄMPFE, Thomas**
42000 Saint Etienne (FR)
- **PERTSCH, Thomas**
07629 Hermsdorf (DE)
- **PETSCHULAT, Jörg**
07749 Jena (DE)
- **KLEY, Ernst-Bernhard**
07743 Jena (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-00/18591 WO-A-2007/140484
WO-A1-2008/119487 WO-A2-2004/077468

EP 2 225 110 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement für Sicherheitspapiere, Wertdokumente und dergleichen mit einem Merkmalsbereich, der einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflusst. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Sicherheitselements sowie ein Sicherheitspapier und einen Datenträger mit einem solchen Sicherheitselement.

[0002] Zur Echtheitsabsicherung von Kreditkarten, Banknoten und anderen Wertdokumenten werden seit einigen Jahren Hologramme, holographische Gitterbilder und andere hologrammähnliche Beugungsstrukturen eingesetzt. Metallisierte Prägehologramme, die vorzugsweise aus sinusförmigen Oberflächenprofilen mit Gitterperioden zwischen etwa 600 nm und 2 µm bestehen, dienen heutzutage auf unzähligen Banknoten als Zeichen ihrer Echtheit.

[0003] Um die Attraktivität und Fälschungssicherheit weiter zu steigern, wurde eine Vielzahl von optisch variablen Effekten entwickelt: Sobald die Banknote relativ zum Betrachter und/oder zur Lichtquelle bewegt wird, verändert das Hologramm sein Erscheinungsbild drastisch. Besonders typisch sind Farbänderungen, die sich in sogenannten Lauf-, Kipp- oder Morph-Effekten manifestieren. Diese optische Variabilität sowie der metallische Glanz der metallisierten Hologrammfolien sorgen dafür, dass sich echte Banknoten deutlich von Fälschungen unterscheiden, die mithilfe von Farbdruckern erstellt wurden. Vergleichbare optische Variabilität kann mit handelsüblichen Farben nicht erreicht werden. Beugungsgitter, die Grundbausteine derartiger Hologramme, erzeugen grundsätzlich eine spektrale Farbaufspaltung.

[0004] Trotz des hohen Entwicklungsstandes, den die zum Schutz von Banknoten gegen Fälschung eingesetzten Hologramme mittlerweile erreicht haben, gelangen immer bessere Fälschungen auf den Markt. Die in den Hologrammen verwendeten Gitterperioden von mindestens 600 nm sind nicht nur mit Elektronenstrahlolithographie-Anlagen, sondern auch durch interferometrische Direktbelichtung mithilfe eines Lasers herstellbar, wodurch die Fälschungssicherheit der Hologramme deutlich vermindert wird. Besonders häufig werden Hologrammfälschungen mithilfe von Dot-Matrix-Systemen angefertigt, deren Funktionsweise letztlich ebenfalls auf der Interferenz von Laserstrahlen beruht.

[0005] Seit einiger Zeit werden auch sogenannte Moire-Vergrößerungsanordnungen als Sicherheitsmerkmale eingesetzt. Die prinzipielle Funktionsweise derartiger Moire-Vergrößerungsanordnungen ist in dem Artikel "The moire magnifier", M.C. Hutley, R. Hunt, R.F. Stevens and P. Savander, Pure Appl. Opt. 3 (1994), pp. 133-142, beschrieben. Kurz gesagt bezeichnet Moire-Vergrößerung danach ein Phänomen, das bei der Betrachtung eines Rasters aus Bildobjekten durch ein Linsengerät mit annähernd demselben Rastermaß auftritt. Wie bei jedem Paar ähnlicher Raster ergibt sich dabei ein

Moire-Muster, wobei in diesem Fall jeder der Moirestreifen in Gestalt eines vergrößerten und gedrehten Bildes der Elemente des Bildrasters erscheint.

[0006] Aufgrund der geringen Strichstärke der in derartigen Moire-Vergrößerungsanordnungen eingesetzten Buchstaben und Symbole von etwa einem Mikrometer war es bisher nicht möglich, farbige Buchstaben durch fein strukturierte metallische Oberflächen zu erzeugen. Beugungseffekte kommen für die Farbgebung kaum infrage, weil Gitter mit den üblichen Perioden nicht oder nur in Spezialfällen in den Linien, aus denen die Buchstaben bzw. Symbole des Mikrostrukturarrays bestehen, untergebracht werden können. Darüber hinaus egalisiert das zur Betrachtung eingesetzten Linsenarray die Winkelaufspaltung einzelner Spektralfarben, so dass klassische Gitterbeugung in der ersten Beugungsordnung zur Farbgebung in Moire-Vergrößerungsanordnungen oder in den allgemeineren Modulo-Vergrößerungsanordnungen wenig geeignet ist.

[0007] Die WO 2007/140484 A beschreibt ein farbiges, reflektierendes Sicherheitsmerkmal, das optional farbkippende Eigenschaften aufweist. Das Merkmal enthält Nanopartikel und einen Farbstoff, der vorzugsweise ein Lichtspektrum modifiziert, das durch eine aus den Nanopartikeln gebildete reflektierende Schicht reflektiert wird.

[0008] Die WO 2004/077468 A2 beschreibt ein Sicherheitselement mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, der metallische Nanostrukturen enthält, in denen durch die einfallende elektromagnetische Strahlung Volumen- oder Oberflächenplasmonen angeregt und/oder Resonanzerscheinungen hervorgerufen werden und der Merkmalsbereich als metallische Nanostrukturen Subwellenlängengitter mit Gitterperioden unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts enthält. Die Gitter bilden dabei ein Monogitter.

[0009] Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und insbesondere ein Sicherheitselement mit einem attraktiven visuellen Erscheinungsbild und hoher Fälschungssicherheit zu schaffen.

[0010] Diese Aufgabe wird durch das Sicherheitselement mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Sicherheitselements, ein Sicherheitspapier und ein Datenträger sind in den nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Nach der Erfindung ist bei einem gattungsgemäßen Sicherheitselement vorgesehen, dass der Merkmalsbereich metallische Nanostrukturen enthält, in denen durch die einfallende elektromagnetische Strahlung Volumen- oder Oberflächenplasmonen angeregt und/oder Resonanzerscheinungen hervorgerufen werden.

[0012] Plasmonen sind kollektive Schwingungen der freien Elektronen relativ zu den Ionenrümpfen in Metal-

len. Bei der sogenannten Plasmafrequenz tritt eine erhöhte Absorption des anregenden Lichtes auf. Durch Rekombination von Plasmonen in Strahlung kann Lichtstreuung auftreten, vor allem, wenn das Metall in Partikelform vorliegt. Oberflächenplasmon-Polaritonen (SPs) sind an metallische Grenzflächen gebundene elektromagnetische Strahlung, die sich entlang ihrer Grenzschicht ausbreitet und dabei eine Absorption erleidet. Die Anregung von Oberflächenplasmon-Polaritonen erfolgt über die Impulsanpassung des einfallenden Lichtes und den Oberflächenplasmon-Polaritonen über ein Dielektrikum bzw. über den reziproken Gittervektor der periodischen Strukturierung der Metalloberfläche.

[0013] Ferner können an Subwellenlängengittern außergewöhnliche Intensitätsänderungen in der Transmission bzw. in der Reflexion auftreten, wenn das einfallende Licht zu Resonanzen in den Zwischenräumen bzw. in den Hohlräumen der Gitterstruktur führt. Auch derartige Resonanzeffekte können durch die Anregung von Oberflächenplasmonen bzw. Oberflächenpolaritonen durch die einfallende Strahlung erklärt werden. Man kann bei Transmissionsgittern hierbei eine starke Intensitätsumverteilung zwischen Reflexion und Transmission für bestimmte Wellenlängenbereiche beobachten. Diese sogenannten Hohlraumresonanzen führen ebenso zu einer erhöhten Absorption des Lichtes. Erwähnenswert ist, dass dieser Effekt auch eine außergewöhnliche Transmissionserhöhung hervorrufen kann.

[0014] Auch wenn die genannten physikalischen Effekte gegenwärtig als die korrekte Beschreibung der auftretenden Phänomene angesehen werden, ist die vorliegende Erfindung durch die räumlich-körperliche Ausgestaltung der vorgeschlagenen Sicherheitselemente definiert und nicht an die gegebene Erklärung der Phänomene durch Anregung von Volumen- oder Oberflächenplasmonen oder dem Auftreten von Resonanzerscheinungen gebunden.

[0015] Im Rahmen der Erfindung ist bevorzugt, wenn der Merkmalsbereich des Sicherheitselements einfallende elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Spektralbereich selektiv beeinflusst. Insbesondere kann der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv reflektieren und/oder transmittieren. Beispielsweise kann der Merkmalsbereich bestimmte Spektralanteile des sichtbaren Lichts reflektieren und andere Spektralanteile des sichtbaren Lichts transmittieren und so in Reflexion und Transmission mit unterschiedlichen Farben erscheinen.

[0016] Zur Ausbildung eines Durchsichtssicherheitselements kann der Merkmalsbereich insbesondere transparent oder transluzent ausgebildet sein. Bei Sicherheitselementen, die auf Betrachtung in Reflexion ausgelegt sind, kann der Merkmalsbereich oder das Substrat des Sicherheitselements auch opak sein.

[0017] Der Merkmalsbereich kann in verschiedenen Teilbereichen verschiedene metallische Nanostrukturen enthalten, beispielsweise um verschiedenfarbige Bereiche innerhalb des Sicherheitselements zu erzeugen.

[0018] Das Trägermedium ist im Rahmen der Erfindung vorzugsweise durch eine transparente oder gefärbte Lackschicht gebildet.

[0019] Der Merkmalsbereich enthält als metallische Nanostrukturen ein oder mehrere Subwellenlängengitter mit Gitterperioden unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Die Subwellenlängengitter sind als Binärstrukturen ausgebildet, die ausschließlich ebene metallische Flächenabschnitte auf nur zwei verschiedenen Höhenstufen enthalten.

[0020] Auch die Subwellenlängengitter können mit einer Beugungsstruktur kombiniert sein, die die einfallende elektromagnetische Strahlung spektral aufspaltet. Zur spektralen Verbreiterung der auftretenden Resonanzen können die Subwellenlängengitter Gitterlinien einer variierenden Breite aufweisen. Erfindungsgemäß werden durch Subwellenlängengitter, die eine laterale Variation der Gitterprofile, nämlich eine laterale Variation der Profiltiefen, aufweisen, lateral unterschiedliche Farbeindrücke erzeugt. In die Sicherheitselemente werden auf diese Weise beliebige farbige Bilder eingebracht, beispielsweise gerasterte Farbbilder, die aus einer Vielzahl kleiner und verschiedenfarbiger Pixelelemente bestehen.

[0021] Erfindungsgemäß enthält das Sicherheitselement ein farbiges Bild aus einer Mehrzahl von Pixelelementen, wobei die Gitterprofile innerhalb eines Pixelelements jeweils konstant sind und bei dem die Gitterprofile verschiedenfarbiger Pixelelemente entsprechend dem jeweils gewünschten Farbeindruck unterschiedlich ausgebildet sind.

[0022] Die Farbbilderzeugung durch Subwellenlängengitter eignet sich insbesondere für schräg metallisch bedampfte dielektrische Gitter, die in Transmission und Reflexion unterschiedliche Farben zeigen, wie weiter unten genauer erläutert. Aufgrund des asymmetrischen Gitterprofils ist dabei in der Regel auch eine Asymmetrie der Farberscheinung im Betrachtungswinkel in Transmission bzw. in Reflexion zu beobachten. Die laterale Variation des Gitterprofils kann insbesondere in einer lateralen Variation der Grabentiefe des metallisierten dielektrischen Gitters bestehen. Neben Binärstrukturen kommen auch schräg bedampfte asymmetrische Multi-levelprofile mit lateral unterschiedlichen Tiefen in Betracht.

[0023] Um Subwellenlängengitter mit unterschiedlicher Profiltiefe zu erzeugen, kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden: Zunächst wird auf ein Gittersubstrat mit lateral konstanter Grabentiefe Photolack aufgebracht, so dass die Gräben komplett gefüllt sind. Dann wird das Substrat mit dem aufgetragenen Photolack mit Laserstrahlung lateral unterschiedlicher Intensität beaufschlagt und die Gräben durch Entfernen des belichteten Photolacks teilweise freigelegt.

[0024] Für die Farberzeugung kommt als zugrunde liegender physikalischer Effekt insbesondere die Polarisationskonversion durch Resonanzanregung an Gittern infrage, die zu einer selektiven Transmission bzw. Reflexion bei Anordnung eines Subwellenlängengitters zwischen

zwei gekreuzten Polarisatoren führt.

[0025] Die Gitterperioden der Subwellenlängengitter liegen vorzugsweise zwischen 10 nm und 500 nm, bevorzugt zwischen 50 nm und 400 nm und besonders bevorzugt zwischen 100 nm und 350 nm.

[0026] Die Subwellenlängengitter können durch lineare, eindimensionale Gitter gebildet sein oder auch durch zweidimensionale Kreuzgitter, die in einer oder zwei Raumrichtungen periodisch sind. In einer weiteren Variante sind die Subwellenlängengitter durch ein- oder zweidimensionale wiederholte Anordnung von metallischen Strukturelementen gebildet, wobei die Strukturelemente insbesondere in Form von Quadraten, Rechtecken, Kreisflächen, Ringstrukturen, Streifen oder einer Kombination dieser Elemente oder eine beliebige andere Form gebildet sind. Als weitere Formen kommen insbesondere Kugeln, Rhomben oder Stäbchen, aber auch stark asymmetrische Formen, wie etwa offene Ringe, in Betracht. Alle genannten Anordnungen können in einer oder zwei Raumrichtungen periodisch sein.

[0027] Neben ein- oder zweidimensionalen linearen Gittern können erfindungsgemäß auch ein- oder zweidimensionale gekrümmte Gitter vorgesehen sein. Bei diesen gekrümmten Gittern verändert sich der Azimutwinkel der Gitterlinien ohne abrupte Sprünge kontinuierlich. Der Azimutwinkel gibt dabei den lokalen Winkel zwischen den Gitterlinien (genauer einer Tangente an die Gitterlinien) und einer Referenzrichtung an, beschreibt also die lokale Orientierung der Gitterlinien in der Ebene.

[0028] Die Subwellenlängengitter können in ein Interferenzschichtsystem integriert sein, um ihre optische Wirkung zu modifizieren oder zu verstärken.

[0029] In allen Erfindungsvarianten kann der Merkmalsbereich in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung vorliegen.

[0030] Aufgrund der Kleinheit der metallischen Nanostrukturen können diese mit besonderem Vorteil in Sicherheitselementen eingesetzt werden, deren Merkmalsbereiche Mikrostrukturen mit einer Strichstärke zwischen etwa 1 μm und etwa 10 μm enthalten. Beispiele derartiger Sicherheitselemente stellen mikrooptische Moire-Vergrößerungsanordnungen dar, wie sie in den Druckschriften DE 10 2005 062132 A1 und WO 2007/076952 A2 beschrieben sind, mikrooptische Vergrößerungsanordnung vom Moiretyp, wie sie in den Anmeldungen DE 10 2007 029 203.3 und PCT/EP2008/005173 beschrieben sind, sowie Modulo-Vergrößerungsanordnungen, wie sie in der Anmeldung PCT/EP2008/005172 beschrieben sind. Alle diese mikrooptischen Vergrößerungsanordnungen enthalten ein Motivbild mit Mikrostrukturen, das bei Betrachtung mit einem geeignet abgestimmten Betrachtungsraster ein vorgegebenes Sollbild rekonstruiert. Wie in den oben genannten Druckschriften und Anmeldungen genauer erläutert, lassen sich dabei eine Vielzahl visuell attraktiver Vergrößerungs- und Bewegungseffekte erzeugen, die zu einem hohen Wiedererkennungswert und einer hohen Fälschungssicherheit der erzeugten Sicherheitselemente

führen.

[0031] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung bilden die Mikrostrukturen dazu ein Motivbild, das in eine Mehrzahl von Zellen eingeteilt ist, in denen jeweils abgebildete Bereiche eines vorgegebenen Sollbilds angeordnet sind. Die lateralen Abmessungen der abgebildeten Bereiche liegen vorzugsweise zwischen etwa 5 μm und etwa 50 μm , insbesondere zwischen etwa 10 μm und etwa 35 μm . Bei den oben zuerst genannten mikrooptischen Moire-Vergrößerungsanordnungen stellen die abgebildeten Bereiche der Zellen des Motivbilds jeweils verkleinerte Abbilder des vorgegebenen Sollbilds dar, die vollständig innerhalb einer Zelle Platz finden. Bei den mikrooptischen Vergrößerungsanordnungen vom Moiretyp stellen die abgebildeten Bereiche mehrerer benachbarter Zellen des Motivbilds zusammengenommen jeweils ein verkleinertes Abbild des Sollbilds dar, dessen Ausdehnung größer als eine Zelle des Motivbilds ist. Im allgemeinsten Fall stellt die Vergrößerungsanordnung eine Modulo-Vergrößerungsanordnung dar, bei der die abgebildeten Bereiche der Zellen des Motivbilds jeweils durch eine Modulo-Operation abgebildete, nicht vollständige Ausschnitte des vorgegebenen Sollbilds darstellen.

[0032] Das Sicherheitselement weist vorzugsweise weiter ein Betrachtungsraster aus einer Mehrzahl von Betrachtungsrasterelementen zur Rekonstruktion des vorgegebenen Sollbilds bei der Betrachtung des Motivbilds mithilfe des Betrachtungsrasters auf. Die lateralen Abmessungen der Betrachtungsrasterelemente liegen dabei mit Vorteil zwischen etwa 5 μm und etwa 50 μm , insbesondere zwischen etwa 10 μm und etwa 35 μm .

[0033] Im Spezialfall einer mikrooptischen Moire-Vergrößerungsanordnung wird als Mikrostruktur vorzugsweise ein Motivbild aus einer planaren periodischen oder zumindest lokal periodischen Anordnung einer Mehrzahl von Mikromotivelementen aufgebracht. Die lateralen Abmessungen der Mikromotivelemente liegen dabei mit Vorteil zwischen etwa 5 μm und etwa 50 μm , vorzugsweise zwischen etwa 10 μm und etwa 35 μm . Zusätzlich wird die gegenüberliegende Seite des Trägers zweckmäßig mit einer planaren periodischen oder zumindest lokal periodischen Anordnung einer Mehrzahl von Mikrofokussierelementen zur Moire-vergrößerten Betrachtung der Mikromotivelemente des Motivbilds versehen. In manchen Ausgestaltungen bietet es sich an, die Mikrofokussierelemente und die Mikromotivelemente auf derselben Seite des Trägers anzuordnen. Auch beidseitige Gestaltungen, bei denen eine Mikromotivelement-Anordnung durch zwei gegenüberliegende Mikrofokussierelement-Anordnungen betrachtet werden kann, kommen infrage.

[0034] Die Erfindung enthält auch ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements der beschriebenen Art.

[0035] Dabei werden als metallische Nanostrukturen ein oder mehrere Subwellenlängengitter mit Gitterperioden unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts auf

ein Substrat aufgebracht. Dazu kann beispielsweise in eine Prägelschicht eine Reliefstruktur in Form der gewünschten Subwellenlängengitter eingeprägt werden und auf diese Reliefstruktur eine Metallisierung aufgebracht, insbesondere aufgedampft werden. Die Metallisierung wird zweckmäßig in einem Aufdampfwinkel Q aufgedampft, der zwischen 0° und 90° , vorzugsweise zwischen 30° und 80° liegt. Die metallisierte Reliefstruktur wird dann vorteilhaft mit einer weiteren Lackschicht abgedeckt.

[0036] Als Subwellenlängengitter kann auch eine ein- oder zweidimensionale wiederholte Anordnung von metallischen Strukturelementen auf das Substrat aufgebracht, insbesondere aufgedampft werden, wie weiter unten genauer beschrieben.

[0037] In einem weiteren vorteilhaften Herstellungsverfahren werden die Nanostrukturen durch Laserbestrahlung einer dünnen Metallschicht erzeugt. Die Metallschicht kann dabei auf strukturierten oder unstrukturierten Bereichen eines Substrats angeordnet sein und entweder frei liegen oder eingebettet sein. Die Metallschicht kann sowohl vollflächig sein und mit einem Laser vollflächig beschossen werden, als auch nur bereichsweise ausgebildet sein, so dass die Laserbestrahlung nur in den metallisierten und beleuchteten Bereichen zur Ausbildung von Nanostrukturen führt. In einer weiteren Ausgestaltung kann eine vollflächige Metallschicht nur an vorbestimmten Stellen mit Laserstrahlung, beispielsweise der Strahlung eines fokussierten Lasers, senkrecht oder schräg beleuchtet werden, so dass Nanostrukturen nur an den beleuchteten Stellen entstehen.

[0038] Die Erfindung enthält ferner ein Sicherheitspapier für die Herstellung von Wertdokumenten oder dergleichen sowie einen Datenträger, insbesondere ein Wertdokument, wie eine Banknote, ein Pass, eine Urkunde, eine Ausweiskarte oder dergleichen. Das Sicherheitspapier bzw. der Datenträger sind erfindungsgemäß mit einem Sicherheitselement der beschriebenen Art ausgestattet. Das Sicherheitselement kann, insbesondere wenn es auf einem transparenten oder transluzenten Substrat vorliegt, auch in oder über einem Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung des Sicherheitspapiers bzw. des Datenträgers angeordnet sein.

[0039] 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.

[0040] Die in den Figuren 2, 3, 4, 5, 6, 7 und 9 gezeigten Ausführungsbeispiele fallen nicht unter den Schutzbereich der beiliegenden Patentansprüche, dienen aber dem Verständnis der Erfindung.

[0041] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem Durchsichtssicherheitselement und einem aufgeklebten Transferelement, jeweils nach Ausführungsbeispielen der Erfindung,

- Fig. 2 ein nicht erfindungsgemäßes Durchsichtssicherheitselement im Querschnitt,
- 5 Fig. 3 bis 5 nicht erfindungsgemäße Ausführungsbeispiele mit strukturierten Oberflächen zur Steuerung der räumlichen Verteilung der metallischen Nanopartikel,
- 10 Fig. 6 in (a) bis (c) Aufsichten auf Merkmalsbereiche weiterer Sicherheitselemente,
- 15 Fig. 7 ein nicht erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel, bei dem metallische Nanopartikel in ein Dünnschichtelement mit Farbkippeffekt integriert sind,
- 20 Fig. 8 und 9 schematische Querschnitte durch ein erfindungsgemäßes Sicherheitselement gemäß der Figur 8 mit Subwellenlängengitter und durch ein nicht erfindungsgemäßes Sicherheitselement gemäß der Figur 9 mit Subwellenlängengitter,
- 25 Fig. 10 stark schematisiert die Farbigkeit bestimmter, erfindungsgemäßer Subwellenlängengitter in Abhängigkeit von dem Bedampfungswinkel Q , wobei in (a) die Farbigkeit in Reflexion und in (b) die Farbigkeit in Transmission, jeweils in der nullten Beugungsordnung gezeigt ist,
- 30 Fig. 11 ein erfindungsgemäßes Sicherheitselement, dessen Merkmalsbereich mit einer metallisierten Prägestruktur mit zwei überlagerten Gittern versehen ist,
- 35 Fig. 12 eine schematische Aufsicht auf einen Merkmalsbereich mit einem in zwei Raumrichtungen periodischen, rechteckigen Kreuzgitter,
- 40 Fig. 13 in (a) und (b) Aufsichten auf Subwellenlängengitter, die aus zweidimensionalen periodischen Anordnungen von Strukturelementen gebildet sind,
- 45 Fig. 14 ein in ein Interferenzschichtsystem integriertes Subwellenlängengitter,
- 50 Fig. 15 in (a) bis (c) drei Ausführungsformen von Mikromotivelementen, die durch Füllung mit metallischen Nanostrukturen farbig erscheinen, und
- 55 Fig. 16 ein Ausführungsbeispiel wie in Fig. 15, bei dem sowohl die Mikromotivelemente als auch

der umgebende Velinbereich nanostrukturiert sind.

[0042] Die Erfindung wird nun am Beispiel von Sicherheitselementen für Banknoten erläutert. Fig. 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10, die mit zwei Sicherheitselementen 12 und 16 nach Ausführungsbeispielen der Erfindung versehen ist. Das erste Sicherheitselement stellt dabei ein Durchsichtssicherheitselement 12 dar, das über einem Durchsichtsbereich 14, etwa einem Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung, der Banknote 10 angeordnet ist. Das zweite Sicherheitselement 16 ist durch ein opakes, aufgeklebtes Transferelement beliebiger Form gebildet.

[0043] Beide Sicherheitselemente weisen in einem Merkmalsbereich metallische Nanostrukturen auf, in denen durch einfallendes sichtbares Licht Volumen- oder Oberflächenplasmonen angeregt bzw. Resonanzeffekte hervorgerufen werden, die neuartige Farbeffekte erzeugen, die aufgrund der Kleinheit der jeweils farbgebenden Nanostrukturen nur schwer zu fälschen sind.

[0044] Wie oben bereits erläutert, stellen Plasmonen die Eigenmoden kollektiver Schwingungen der freien Elektronen relativ zu den Ionenrümpfen in Metallen dar, die durch einfallende elektromagnetische Strahlung angeregt werden können. Bei einer bestimmten Wellenlänge werden die frei beweglichen Ladungsträger zu resonanten Schwingungen angeregt, so dass das Licht dieser Wellenlänge bevorzugt absorbiert und in alle Raumrichtungen gestreut wird. Strahlung mit Wellenlängen außerhalb des Resonanzbereichs kann dagegen weitgehend ungestört passieren.

[0045] Durch diesen Effekt erscheinen die erfindungsgemäßen metallischen Nanostrukturen in Durchsicht mit einem Farbeindruck, der sich aus den Wellenlängen des unbeeinflussten, nichtresonanten Anteils des einfallenden Lichts ergibt. Bei Betrachtung in Reflexion, bei der das Streulicht das visuelle Erscheinungsbild dominiert, wird der Farbeindruck der Nanostrukturen dagegen hauptsächlich durch den resonanten Anteil des Spektrums bestimmt. Welche Wellenlängen die resonanten Plasmaschwingungen anregen können, hängt neben dem Material, aus dem die Nanostrukturen bestehen, auch von der Form und Größe der Nanostrukturen und dem einbettenden Medium ab.

[0046] Das nicht erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel der Fig. 2 zeigt zunächst ein Durchsichtssicherheitselement 20 mit einem Substrat 22 und einem Merkmalsbereich, der durch eine vollflächig aufgebrachte Merkmalschicht 24 gebildet ist. Die Merkmalschicht 24 enthält eine Vielzahl von metallischen Nanopartikeln 28, die in ein Trägermedium 26 eingebettet sind. Eine derartige Merkmalschicht 24 kann beispielsweise durch Aufdrucken eines transparenten Lacks 26 erzeugt werden, in dem vorgefertigte metallische Nanopartikel 28 mit gewünschten Eigenschaften gelöst sind.

[0047] Die Nanopartikel 28 weisen einen Durchmesser unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts, vor-

zugsweise zwischen 300 nm und 5 nm und insbesondere zwischen 200 nm und 10 nm auf. In einer bevorzugten Erfindungsvariante handelt es sich bei den Nanopartikeln 28 um Gold- oder Silber-Partikel. Allerdings zeigen auch andere Metalle, wie etwa Kupfer, Aluminium, Nickel, Chrom, Wolfram, Vanadium, Palladium, Platin oder Legierungen dieser Metalle, wenn auch teilweise in abgeschwächter oder modifizierter Form, Farbeffekte aufgrund von Plasmonenanregung, so dass auch diese Metalle oder Metalllegierungen als Material für die Nanopartikel 28 in Betracht kommen.

[0048] Neben kugelförmigen Nanopartikeln 28 können auch anders geformte Partikel, wie etwa Rotationsellipsoide, beliebige Vielflächler oder auch stäbchen- oder plättchenförmige Partikel eingesetzt werden. Von der Kugelform abweichende Partikel zeigen, wenn sie nach einer Vorzugsrichtung im Raum orientiert sind, zusätzlich von der Polarisationsrichtung des einfallenden Lichts abhängige Effekte.

[0049] Neben homogenen metallischen Nanopartikeln 28 kommen auch beschichtete Kern-Hülle Teilchen für die Farberzeugung in Betracht. Diese können sowohl einen metallischen Kern mit dielektrischer oder metallischer Hülle aufweisen als auch einen dielektrischen Kern mit metallischer Ummantelung. Beispiele für derartige Gestaltungen sind Silber-Partikel mit einer TiO_2 -Hülle oder Polystyrol-Kerne mit einer Gold-Beschichtung. Der Zahl an Kombinationsmöglichkeiten ist hier kaum eine Grenze gesetzt, zumal die Materialien neben der amorphen Phase auch in kristalliner bzw. polykristalliner Form vorliegen können.

[0050] Im einfachsten Fall wird der transparente Lack 26, in dem die Nanopartikel 28 gelöst sind, vollflächig auf das Substrat 22 aufgetragen, beispielsweise aufgedruckt, wie in Fig. 2 dargestellt. Breitbandiges einfallendes Licht 30 regt in den Nanopartikeln 28 dann je nach Material, Form und Größe der Partikel 28 und ihrem einbettenden Medium 26 bestimmte Plasmaschwingungen (Plasmonen) an. Beispielsweise liegt die Resonanzfrequenz für im Wesentlichen kugelförmige Goldpartikel mit einem Durchmesser von 50 nm bei etwa 520 nm, für Goldpartikel mit einem Durchmesser von 150 nm bei etwa 580 nm.

[0051] Im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sind die Nanopartikel 28 und das einbettende Medium 26 so aufeinander abgestimmt, dass die Resonanzfrequenz der eingebetteten Nanopartikel 28 im Grünen bei einer Wellenlänge von etwa 530 nm liegt. Bei Betrachtung in Reflexion 32, wo das von den Nanopartikeln 28 gestreute Licht den Farbeindruck dominiert, erscheint die Merkmalschicht 24 daher grün. In Transmission 34 erscheint die Merkmalschicht 24 dagegen in der subtraktiven Komplementärfarbe, also mit einem roten Farbeindruck.

[0052] Anders als bei periodischen Beugungsstrukturen oder Interferenzschichtsystemen hängt der Farbeindruck der metallischen Nanopartikel nicht vom Einfallswinkel der Strahlung und der Betrachtungsrichtung ab. Die erfindungsgemäßen Sicherheitselemente durchlau-

fen beim Kippen auch nicht das sichtbare Spektrum oder Ausschnitte davon, sondern weisen einen im Wesentlichen konstanten Farbeindruck auf. Da die Farbeffekte durch Nanostrukturen, die wesentlich kleiner als die Periode herkömmlicher Beugungsgitter sind, hervorgerufen werden, weisen sie eine besonders hohe Fälschungssicherheit auf, da derart kleine Strukturen mit herkömmlichen Verfahren, wie etwa Direktbelichtung oder Dot-Matrix-Verfahren, kaum herzustellen sind.

[0053] Anstatt vollflächig ausgebildet zu sein, kann der Merkmalsbereich des Sicherheitselements 20 auch in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung gestaltet sein. Es ist auch möglich, in verschiedenen Teilbereichen des Merkmalsbereichs verschiedene metallische Nanostrukturen vorzusehen, beispielsweise Nanopartikel 28 aus unterschiedlichen Materialien und/oder Nanopartikel 28 verschiedener Form und Größe. Dadurch können verschiedene Bereiche des Merkmalsbereichs unterschiedlich eingefärbt werden.

[0054] Darüber hinaus kann der mit den farbgebenden Nanopartikeln 28 versehene Lack 26 zusätzlich herkömmliche Farb- oder Effektpigmente enthalten, um die beobachtbaren Farbeffekte zu modifizieren. Auch können verschiedene Arten von metallischen Nanopartikeln 28, beispielsweise mit variierendem Durchmesser, miteinander vermischt werden, um in Zusammenwirkung eine gewünschte Farbwirkung zu erzeugen.

In einer weiteren Ausgestaltung können Maßnahmen ergriffen werden, um die räumliche Verteilung von zunächst homogen in einem Trägermedium dispergierten Nanopartikeln 28 oder die Vorzugsrichtung nicht-sphärischer Nanopartikel zu beeinflussen. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass die Nanopartikel mit einem magnetischen Kern ausgestattet werden, so dass sie mithilfe räumlich variierender Magnetfelder an den vorgesehenen Orten des Merkmalsbereichs konzentriert werden können. Die Nanopartikel 28 sind dabei zunächst noch im Trägermedium 26 beweglich. Erst nachdem sie mithilfe des Magnetfelds platziert und/oder ausgerichtet wurden, werden sie immobilisiert, indem das Bindemittel des Trägermediums 26, beispielsweise durch Trocknen oder Bestrahlung mit UV-Licht ausgehärtet wird, oder das Trägermedium 26 oder zumindest das darin enthaltene Lösungsmittel durch Wärmezufuhr verdampft wird.

[0055] Funktionalisierte Oberflächen von Nanopartikeln bieten zusätzliche Möglichkeiten, die Anordnung der Nanopartikel zu beeinflussen. Beispielsweise kann durch eine geeignete Funktionalisierung der Oberfläche erreicht werden, dass sich die Partikel in einem bestimmten Abstand und/oder in einem definierten Gitter anordnen. Darüber hinaus kann durch eine geeignet gewählte Funktionalisierung eine Clusterbildung der Nanopartikel verhindert werden.

[0056] Auch eine Funktionalisierung der Substratoberfläche kann der Anordnung und periodischen Ausrichtung der Nanopartikel dienen. Durch eine Funktionalisierung der Substratoberfläche und gegebenenfalls auch

der Oberfläche der Nanopartikel können diese gezielt auf vordefinierten Bereichen des Substrats deponiert werden. Dadurch ist es beispielsweise möglich, die Nanopartikel auf Gitterlinien anzuordnen, um die Beugungseigenschaft des Gitters zu beeinflussen, beispielsweise zu verstärken.

Alternativ können auch an sich unmagnetische Nanopartikel 28 durch funktionale Beschichtungen an magnetische Träger-Partikel gekoppelt werden, die dann zusammen mit den farbgebenden Nanopartikeln 28 durch externe Magnetfelder gezielt angeordnet und/oder ausgerichtet werden.

[0057] Nach einer bevorzugten Erfindungsvariante wird die Verteilung der Nanopartikel 28 durch eine Strukturierung der Oberfläche, auf die sie aufgebracht werden, gezielt beeinflusst. Wie im nicht erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel der Fig. 3 gezeigt, kann beispielsweise eine transparente UVhärtende Lackschicht 40 in an sich bekannter Weise mit einer gewünschten Reliefprägung versehen werden, so dass eine strukturierte Oberfläche mit Erhebungen 42 und Vertiefungen 44 entsteht. Auf die so strukturierte Oberfläche wird dann ein fluides Medium 46, in dem die Nanopartikel 48 gelöst sind, aufgebracht, beispielsweise aufgedruckt. Anschließend wird das fluide Medium 46 von der beschichteten Oberfläche gerakelt oder gewischt, so dass die Nanopartikel 48 nur in den Vertiefungen 44, nicht aber auf den erhabenen Oberflächenbereichen 42 zurückbleiben.

[0058] Um zu verhindern, dass die Nanopartikel 48 während der Weiterverarbeitung aus den Vertiefungen 44 herausfallen, kann die Struktur mit einer weiteren, in den Figuren nicht dargestellten Lackschicht abgedeckt werden. Umfließt der zur Abdeckung verwendete Lack die Nanopartikel 48, so kann auf diese Weise auch der Brechungsindex des die Partikel einbettenden Mediums definiert werden. Gegenwärtig ist jedoch bevorzugt, dass die Nanopartikel 48 im ursprünglichen Trägermedium 46 eingebettet bleiben, das beim Abrakeln der Oberfläche zusammen mit den Nanopartikeln 48 in den Vertiefungen 44 verbleibt.

[0059] Bei dem in Fig. 4 gezeigten nicht erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist zusätzlich eine Metallschicht 50 zwischen Substrat 22 und UV-Lackschicht 40 vorgesehen, um den Farbeindruck der Nanopartikel 48 gezielt zu modifizieren. Alternativ kann auch, wie in Fig. 5 gezeigt, vor dem Auftragen der Nanopartikel 48 eine Metallschicht 52 auf die geprägten UV-Lackschicht 40 aufgebracht, beispielsweise aufgedampft werden und dadurch der Farbeindruck der Nanopartikel 48 modifiziert werden.

[0060] Nach einer vorteilhaften Herstellungsvariante kann auch die in der internationalen Patentanmeldung PCT/EP2007/005200 beschriebene Mikrotiefdrucktechnik zum Einsatz kommen, die die Vorteile von Druck- und Prägetechnologien vereint. Kurz zusammengefasst, wird bei der Mikrotiefdrucktechnik eine Werkzeugform bereitgestellt, deren Oberfläche eine Anordnung von Erhebungen und Vertiefungen in Gestalt einer gewünsch-

ten Mikrostruktur aufweist. Die Vertiefungen der Werkzeugform werden mit einem die Nanopartikel enthaltenden, härtbaren farbigen oder farblosen Lack befüllt, und der zu bedruckende Träger wird für eine gute Verankerung des Lacks vorbehandelt. Dann wird die Oberfläche der Werkzeugform mit dem Träger in Kontakt gebracht und der in Kontakt mit dem Träger stehende Lack in den Vertiefungen der Werkzeugform gehärtet und dabei mit dem Träger verbunden. Anschließend wird die Oberfläche der Werkzeugform wieder von dem Träger entfernt, so dass der mit dem Träger verbundene, gehärtete Lack mit den Nanopartikeln aus den Vertiefungen der Werkzeugform gezogen wird. Für eine ausführlichere Darstellung des Mikrotiefdruckverfahrens und der damit verbundenen Vorteile wird auf die genannte Patentanmeldung PCT/EP2007/005200 verwiesen, deren Offenbarungsinhalt insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

[0061] Bei den oben beschriebenen Sicherheitselementen kann der visuelle Eindruck nicht nur von den Effekten der Plasmonenanregung in den Nanopartikeln 48 erzeugt werden, sondern kann auch durch Beugungseffekte an den Strukturen, die durch die Erhebungen 42 und Vertiefungen 44 vorgegeben sind, beeinflusst werden. Im Falle periodisch angeordneter linearer Gräben kann sich beispielsweise zusätzlich zu den beschriebenen Plasmoneneffekten eine für Beugung an einem linearen Gitter typische spektrale Aufspaltung des Lichts zeigen. Diese Beugungseffekte können gezielt in das Design des Sicherheitselements integriert werden. Sind bei anderen Gestaltungen solche stark farberzeugende Zusatzeffekte unerwünscht, so können die Erhebungen und Vertiefungen 42, 44 auch unregelmäßig angeordnet und beugungsbedingte Farberscheinungen weitgehend unterdrückt werden.

[0062] Zur Illustration zeigt Fig. 6(a) eine Aufsicht auf den Merkmalsbereich 60 eines nicht erfindungsgemäßen Sicherheitselements, bei dem die Vertiefungen 44 mit den Nanopartikeln 48 in zwei Raumrichtungen periodisch angeordnet sind. Es versteht sich, dass die mit p_x und p_y bezeichneten Periodenlängen gleich oder verschieden sein können, so dass in x-Richtung und y-Richtung gleiche oder verschiedene Beugungsfarbeeffekte auftreten.

[0063] Bei der Aufsicht auf den Merkmalsbereich 62 der Fig. 6(b) sind die Vertiefungen 44 mit den Nanopartikeln 48 nur in y-Richtung periodisch angeordnet, während sie in x-Richtung zufällig verteilt sind. Beugungseffekte durch die periodische Anordnung der Vertiefungen 44 treten bei einer solchen Gestaltung nur in y-Richtung auf, während sie in x-Richtung unterdrückt sind. Sollen die farbaufspaltenden Beugungseffekte ganz unterdrückt werden, können die Vertiefungen 44 auch in beiden Raumrichtungen zufällig angeordnet sein, wie in dem Merkmalsbereich 64 der Fig. 6(c) gezeigt.

[0064] Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel 70 einer weiteren nicht erfindungsgemäßen Variante, bei dem die Nanopartikel 78 in ein Dünnschichtelement 72 mit Farb-

kippeffekt integriert sind. Dazu ist auf einem Substrat 22 eine spiegelnde Metallschicht 74, beispielsweise eine Aluminiumschicht mit einer Dicke von mindestens 10 nm, eine dielektrische Zwischenschicht 75 aus einem UV-härtbaren Material und eine semitransparente Absorberschicht 76 aufgebracht, die beispielsweise durch eine etwa 8 nm dicke Chromschicht gebildet sein kann. Die dielektrische Zwischenschicht 75 ist vorzugsweise aus einem Trägermedium mit hohem Brechungsindex gebildet. Sie enthält auch die gewünschten metallischen Nanopartikel 78, was beispielsweise dadurch erreicht werden kann, dass die Nanopartikel 78 dem Zwischenschichtmaterial vor dem Aufbringen beigemischt werden. Insgesamt ist bei dem auf Betrachtung in Reflexion ausgelegten Sicherheitselement 70 die Filterwirkung der Nanopartikel 78 mit der Farbfilterwirkung des farbkippenden Dünnschichtsystems 72 kombiniert.

[0065] In manchen Ausgestaltungen kann auf die semitransparente Absorberschicht 76 auch verzichtet werden. Soll das Sicherheitselement 70 in Transmission, also beispielsweise im Durchsichtsfenster einer Banknote, eingesetzt werden, so wird die untere Metallschicht 74 zweckmäßig semitransparent gestaltet. Es versteht sich, dass der Merkmalsbereich auch bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 3 bis 7 in Form von Mustern, Zeichen oder einer Codierung ausgebildet sein kann und dass auch hier in verschiedenen Teilbereichen verschiedene metallische Nanostrukturen vorgesehen sein können. Als Substrat 22 kommen sowohl transparente wie auch nichttransparente Schichtsysteme infrage. Insbesondere kann das Substrat 22 beispielsweise durch eine transparente oder opake Kunststoffolie gebildet sein, die im fertigen Sicherheitselement verbleibt oder durch eine Transferfolie, die nach dem Übertragen des Sicherheitselements auf die Banknote 10 abgezogen wird. Das Substrat 22 kann auch durch das Banknotenpapier selbst gebildet sein. Dazu können die Nanopartikel beispielsweise vor dem Drucken in einem Primer suspendiert und direkt auf das Banknotenpapier gedruckt werden.

[0066] Die Herstellung der metallischen Nanopartikel selbst kann durch dem Fachmann bekannte physikalische oder chemische Verfahren erfolgen. Ein physikalisches Verfahren ist beispielsweise Laserablation.

[0067] Anstatt auf vorgefertigte Nanopartikel zurückzugreifen, die in geeigneten Medien gelöst und beispielsweise durch Drucken auf ein gewünschtes Substrat aufgebracht werden, können erfindungsgemäß auch ein oder mehrere Subwellenlängengitter direkt auf das Substrat des Sicherheitselements aufgebracht werden. Derartige periodische Nanostrukturen erlauben einerseits stärkere Farbeeffekte als die bisher beschriebenen metallischen Nanopartikel, andererseits erhöht sich die Vielzahl der Freiheitsgrade bei der Herstellung die Fälschungssicherheit derartiger Sicherheitselemente weiter.

[0068] Bei Subwellenlängengittern können außergewöhnliche Intensitätsänderungen in der Transmission bzw. in der Reflexion auftreten, wenn das einfallende

Licht zu Resonanzen in den Zwischenräumen oder in den Hohlräumen der Gitterstruktur führt. Man kann bei Transmissionsgittern hierbei eine starke Intensitätsverteilung zwischen Reflexion und Transmission für bestimmte Wellenlängenbereiche beobachten. Diese sogenannten Hohlraumresonanzen führen ebenso zu einer erhöhten Absorption des Lichtes. Erwähnenswert ist, dass dieser Effekt auch eine außergewöhnliche Transmissionserhöhung hervorrufen kann.

[0069] Auch die sogenannten Wood-Anomalien beeinflussen unabhängig von der Polarisierung des einfallenden Lichtes die Transmissions- bzw. Reflexionsspektren von Gittern in der nullten Beugungsordnung. Eine Wood-Anomalie ist mit der Entstehung einer neuen Beugungsordnung verbunden, d.h. sie tritt auf, wenn der Ausfallswinkel 90° beträgt. Die spektralen Positionen der Wood-Anomalien können damit aus der Gittergleichung abgeleitet werden. Sie ergeben sich für Wellenlängen $\lambda = (p/m) (1 \pm \sin a)$, wobei p die Gitterperiode, a den Einfallswinkel und m die Beugungsordnung darstellen. Beim Verschwinden einer Beugungsordnung muss ihre Intensität auf die verbleibenden Beugungsordnungen umverteilt werden, was auch zu einer spektralen Intensitätsänderung in der nullten Beugungsordnung führt. Schließlich wurde eine Erhöhung der Transmission, einhergehend mit einer Verringerung der Reflexion, bei Drahtgittern für Wellenlängen der Wood-Anomalien unter TE-Polarisation (E-Vektor parallel zur Gitterstruktur) beobachtet. Für zunehmend größere Wellenlängen reduziert sich die Transmission und geht schließlich im Grenzfall gegen Null.

[0070] Zur Illustration werden zunächst Strukturen beschrieben, die nur in einer Dimension eine Periodizität aufweisen. Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch ein Sicherheitselement 80 mit einer transparenten Trägerfolie 82, auf die eine UV-Prägelackschicht 84 aufgedruckt und in Form eines Rechteckprofils geprägt ist, welches eine Periodenlänge p , beispielsweise 300 nm, eine Stegbreite b , beispielsweise 100 nm, und eine Ganghöhe h , beispielsweise 100 nm, aufweist. Auf die Prägelackschicht 84 wurde dann eine Aluminiumschicht 86 einer Dicke d , beispielsweise 30 nm, senkrecht aufgedampft und die entstandene Struktur mit einer weiteren Schutzlackschicht 88 versehen.

[0071] Auf diese Weise ergibt sich eine in die Lackschichten 84, 88 eingebettete metallische Binärstruktur 86, die ausschließlich ebene metallische Flächenabschnitte auf nur zwei verschiedenen Höhenstufen enthält (metallisches Bi-Grating). Gemäß nicht unter den Schutzzumfang fallenden Varianten können die metallischen Flächenabschnitte auch auf mehr als zwei Höhenniveaus, insbesondere auf $n = 3$ bis $n = 16$ verschiedenen Höhenstufen angeordnet sein und so eine allgemeinere Multilevelstruktur bilden.

[0072] Wenn der Aufdampfwinkel Q der Metallschicht 90 von 90° abweicht, entsteht gemäß einer nicht unter den Schutzzumfang fallenden Variante ein Subwellenlängengitter mit einem z-förmigen Metallprofil, wie in Fig. 9

für den Fall $Q = 45^\circ$ illustriert. In der vereinfachten Darstellung der Fig. 9 ist dabei angenommen, dass die Breite des Metallauftrags in der unteren Ebene durch die geometrische Abschattung beim Bedampfen vorgegeben ist und dass die Dicke d des Metallfilms 90 auf der oberen und unteren Ebene identisch ist. Die Bereiche 92, 94 und 96 unterhalb, innerhalb und oberhalb des z-förmigen Metallprofils können im allgemeinen Fall verschiedene Brechungsindices n_1, n_2 bzw. n_3 aufweisen. Bei der Verwendung von Standard-UV-Lack für die geprägte Lackschicht und die Schutzlackschicht liegen diese Werte in der Regel jedoch alle bei $n = 1,5$.

[0073] Die Transmissions- bzw. Reflexionsspektren solcher Subwellenlängengitter können beispielsweise mithilfe von elektromagnetischen Beugungstheorien berechnet werden. Um die wahrgenommene Farbigkeit dieser Gitter abschätzen zu können, wird das für den sichtbaren Wellenlängenbereich berechnete Spektrum mit dem Spektrum der Normlampe D65 und den Empfindlichkeitskurven des menschlichen Auges gefaltet. Daraus ergeben sich die Parameter X, Y und Z , die die Farbwerte Rot, Grün und Blau widerspiegeln.

[0074] Fig. 10 zeigt stark schematisiert die Farbigkeit erfindungsgemäßer Subwellenlängengitter mit einer Gitterperiode $p = 300$ nm, einer Stegbreite $b = 100$ nm, einer Ganghöhe $h = 100$ nm, einer Dicke $d = 30$ nm der aufgedampften Aluminiumschicht und gleichen Brechungsindices der umgebenden Dielektrika $n_1 = n_2 = n_3 = 1,5$ für senkrechten Einfall unpolarisierten Lichts. In Fig. 10(a) sind die Farbwerte X (Kurve 100-R), Y (Kurve 102-R) und Z (Kurve 104-R) des reflektierten Lichts in der nullten Beugungsordnung in Abhängigkeit von dem Bedampfungswinkel Q dargestellt. Fig. 10(b) zeigt die Farbwerte X (Kurve 100-T), Y (Kurve 102-T) und Z (Kurve 104-T) des transmittierten Lichts ebenfalls in der nullten Beugungsordnung.

[0075] Der in Fig. 8 gezeigte Spezialfall senkrechter Bedampfung liegt für $Q = 90^\circ$ vor. Bei zunehmend schrägem Bedampfungswinkel prägt sich ein z-förmiges Drahtprofil aus, wobei sich das in Fig. 9 dargestellte Profil für $Q = 45^\circ$ ergibt. Der Bedeckungsgrad des Metallfilms wird dabei kleiner und die Transmission des Lichts nimmt zu. Ist der Winkel Q kleiner als $\arctan(h/(p-b))$ findet keine Metallisierung der unteren Ebene mehr statt.

[0076] Eine starke Farbigkeit einer Nanostruktur ergibt sich, wenn einer der Farbwerte X, Y, Z gegenüber den anderen Farbwerten dominant ist oder wenn die Farbwerte stark voneinander abweichen. Wie den Kurvenverläufen 100, 102 und 104 der Fig. 10 zu entnehmen, dominiert insbesondere für Aufdampfwinkel Q im Bereich zwischen etwa 45° und etwa 80° der Farbwert Z die Transmission (Fig. 10(b), Kurve 104-T), während die Farbwerte X und Y die reflektierte Strahlung dominieren (Fig. 10(a), Kurven 100-R, 102-R). Derartige Subwellenlängengitter erscheinen somit mit einer deutlich ausgeprägten Farbigkeit in Transmission und Reflexion.

[0077] Für die Farbwahrnehmung ist weiter wünschenswert, dass die Reflexion eines Objekts mindes-

tens 20% beträgt, damit sich das am Objekt reflektierte Farbspektrum vom reflektierten Licht des umgebenden Mediums abhebt. Die Transmission kann dagegen für die Farbwahrnehmung geringer sein, da üblicherweise nur das transmittierte Licht des Objekts beobachtet wird und das Streulicht der Umgebung verdeckt ist. Für die Lichtintensität des oben beschriebenen Gitters erhält man für Aufdampfwinkel Q im Bereich zwischen 30° und 90° eine Reflexion von 30% bis 60% und eine Transmission zwischen 5% und 45%. Bei schrägeren Bedampfungswinkeln erhöht sich dabei die Transmission, während sich die Reflexion reduziert.

[0078] Zusätzlich zu den beschriebenen Effekten ändert sich bei den erfindungsgemäßen Subwellenlängengittern die Farbwirkung bei Betrachtung in polarisiertem Licht. Auch dadurch unterscheiden sich die erfindungsgemäßen farbgabenden Merkmalsbereiche von farbigen Oberflächen, die mit konventionellen Mitteln erzeugt wurden. Beispielsweise ändert sich für Subwellenlängengitter mit den oben genannten Gitterparametern insbesondere die Intensität des Farbwerts Z (Blau) mit der Polarisation des einfallenden Lichts, wobei die Unterschiede zwischen TE-Polarisation (E-Vektor des einfallenden Lichts parallel zu den Gitterlinien) und TM-Polarisation (E-Vektor des einfallenden Lichts senkrecht zu den Gitterlinien) bei einem Bedampfungswinkel im Bereich von $Q = 45^\circ$ besonders groß sind.

[0079] Aufgrund des asymmetrischen Gitterprofils ist dabei auch eine Asymmetrie der Farberscheinung im Betrachtungswinkel in Transmission bzw. in Reflexion zu beobachten. Durch gezielte laterale Variation der Gitterprofile, insbesondere der Profiltiefe, lassen sich daher lateral unterschiedliche Farbeindrücke innerhalb des Sicherheitselements und damit auch Farbbilder erzeugen, wie weiter oben ausführlicher geschildert.

[0080] In weiteren Ausführungsbeispielen der Erfindung können die beschriebenen Subwellenlängengitter mit einer Beugungsstruktur kombiniert sein, die einfallende elektromagnetische Strahlung spektral aufspaltet. Zur Illustration zeigt Fig. 11 ein Sicherheitselement 110, dessen Merkmalsbereich mit einer metallisierten Prägestruktur 112 mit zwei überlagerten Gittern versehen ist. Das Gitter mit der kleineren Gitterperiode p_s bildet ein Subwellenlängengitter der oben beschriebenen Art. Dieses Subwellenlängengitter ist mit einem zweiten Gitter einer wesentlich größeren Periode p_1 überlagert, welches dazu dient, eine Vervielfachung bzw. spektrale Verbreiterung der oben beschriebenen Resonanzen des Subwellenlängengitters zu erzeugen.

[0081] Verwendet man örtlich variierende Breiten der metallischen Gitterlinien, beispielsweise eine Modulation der Gitterlinienbreite in Form einer Schwebung oder eine statistische Variation der Gitterlinienbreiten, so können die Plasmonen-Resonanzen spektral verbreitert werden. Dadurch kann ein breiterer Bereich des sichtbaren Lichtspektrums in seiner Intensität beeinflusst werden als dies durch ein streng periodisches Gitter der Fall wäre.

[0082] In Verallgemeinerung der bisher beschriebe-

nen eindimensionalen Subwellenlängengitter können auch zweidimensionale Kreuzgitter eingesetzt werden, die in einer oder zwei Raumrichtungen periodisch oder auch statistisch angeordnet sind. Fig. 12 zeigt eine schematische Aufsicht auf einen Merkmalsbereich 120 mit einem in zwei Raumrichtungen periodischen, rechteckigen Kreuzgitter 122. Die Abfolge schraffierter und nicht schraffierter Rechtecke 124, 126 stellt jeweils höher bzw. tiefer liegende metallisierte Flächenabschnitte dar, wie sie im Querschnitt beispielsweise in Fig. 8 dargestellt sind.

[0083] Aufgrund der rechteckigen Gestaltung des Kreuzgitters 122 sind die Periodenlängen in x-Richtung und y-Richtung, p_x und p_y , im Allgemeinen verschieden. Bei unterschiedlichen Periodenlängen p_x , p_y erzeugt das Kreuzgitter 122 im polarisierten Licht einen unterschiedlichen Farbeindruck, je nachdem, ob das Licht vertikal oder horizontal polarisiert ist. Bei Betrachtung mit unpolarisiertem Licht nimmt der Betrachter eine Mischfarbe wahr. Sind die Periodenlängen p_x und p_y dagegen gleich, so sieht das Kreuzgitter bei Betrachtung mit unpolarisiertem Licht ebenso aus, wie wenn man es mit vertikal oder horizontal polarisiertem Licht betrachtet.

[0084] Die ein- oder zweidimensionalen Subwellenlängengitter können auch durch eine wiederholte Anordnung metallischer Strukturelemente gebildet sein, wobei neben quadratischen oder rechteckigen Elementen insbesondere auch kreisförmige, elliptische, ringförmige oder beliebig geformte Elemente in Betracht kommen.

[0085] Fig. 13 zeigt zur Veranschaulichung in (a) eine Aufsicht 130 auf ein Subwellenlängengitter, das aus einer zweidimensionalen periodischen Anordnung von Ringelementen 132 gebildet ist. Die Periodenlängen p_x und p_y liegen dabei beide unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts und können beispielsweise 300 nm betragen. Während in Fig. 13(a) der Fall $p_x = p_y$ dargestellt ist, können die Periodenlängen selbstverständlich auch verschieden sein. Für die Anregung von Plasmonen durch einfallendes Licht ist insbesondere die Ringbreite der Ringelemente 132 von Bedeutung.

[0086] Bei der Aufsicht 134 der Fig. 13(b) sind zwei unterschiedliche Geometrien miteinander kombiniert, nämlich streifenförmige Strukturelemente 136 und ringförmige Strukturelemente 132. Insbesondere die Streifen 136 werden durch die externe elektromagnetische Strahlung angeregt. Sie transportieren die aufgenommene elektromagnetische Energie zu den Ringelementen 132 und übertragen sie teilweise auf diese. Da Strukturelemente unterschiedlicher Geometrie in der Regel auch unterschiedliche Plasmonenresonanzen aufweisen, kann eine derartige Kombination unterschiedlicher Strukturelemente zu einem modifizierten Resonanzverhalten und damit zu einem veränderten Farbeindruck des Gesamtsystems führen.

[0087] Allgemein können die beliebig geformten Elemente statistisch oder stochastisch auf der Fläche die farbig erscheinen soll verteilt werden.

[0088] Es versteht sich, dass die bei den eindimensi-

onalen Subwellenlängengittern beschriebenen Varianten, insbesondere die Nutzung von Wood-Anomalien und die Kombination der Subwellenlängengitter mit Beugungsgittern, auch bei zweidimensionalen Kreuzgittern und den ein- oder zweidimensionalen Strukturelement-Anordnungen eingesetzt werden können.

[0089] Die beschriebenen Subwellenlängengitter können auch in ein Interferenzschichtsystem integriert werden, um ihre optische Wirkung zu modifizieren oder zu verstärken. Ein beispielhaftes Schichtsystem ist in dem Querschnitt der Fig. 14 gezeigt. Dabei ist auf einer transparenten Trägerfolie 140 eine UV-Prägelackschicht 142 aufgedruckt und in Form eines gewünschten ein- oder zweidimensionalen Subwellenlängengitters geprägt. Auf die Prägelackschicht 142 ist dann eine Aluminiumschicht 144 einer gewünschten Dicke senkrecht oder unter einem gewissen Aufdampfwinkel Q aufgedampft.

[0090] Anschließend wird eine Schicht 146 mit hohem Brechungsindex, vorzugsweise ZnS oder TiO_2 , aufgebracht, beispielsweise ebenfalls durch Bedampfen. Ob bzw. wie deutlich sich die Prägestruktur an der Oberfläche dieser hochbrechenden Schicht 146 noch wiederfindet, hängt von den Umständen ab, unter denen die Schicht aufgebracht wurde. Der diesbezüglich wichtigste Parameter ist natürlich die Schichtdicke. Das Interferenzschichtsystem wird durch Aufbringen einer weiteren Schicht 148 eines transparenten Materials mit geringem Brechungsindex, zum Beispiel Schutzlack mit $n = 1,5$, abgeschlossen. Die optische Wirkung der hochbrechenden dielektrischen Schicht 146 wird wesentlich durch ihre Dicke und den Brechzahlunterschied zur Umgebung bestimmt.

[0091] Die für die beschriebenen Subwellenlängengitter erforderliche hohe Auflösung lässt sich beispielsweise mithilfe von Elektronenstrahlithographie-Anlagen erreichen, wobei selbst kleinste Partikel mit einer lateralen Ausdehnung von wenigen 10 nm noch mit individuellen Umrissen erzeugen werden können. Als Resist wird dabei typischerweise PMMA verwendet. Der Origination mittels Elektronenstrahlithographie folgt galvanisches Abformen und die Herstellung von Prägwerkzeugen, mit deren Hilfe die Nanostrukturen anschließend durch Prägen in UV-härtbaren Lack oder einen thermoplastisch verformbaren Kunststoff auf Folienbahnen vervielfältigt werden können. Die metallischen Nanostrukturen erhält man im darauffolgenden Schritt durch Bedampfen oder Besputtern mit dem entsprechenden Material in der gewünschten Schichtdicke, wobei zu beachten ist, dass die Metallschichtdicke in der Regel kleiner als die Prägetiefe sein sollte. Als Metalle werden vorzugsweise Gold, Silber, Kupfer und Aluminium eingesetzt.

[0092] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen metallischen Nanostrukturen besteht darin, dass sie selbst in kleinen Mikrostrukturen mit Ausdehnungen von wenigen Mikrometern in einer ausreichenden Zahl von Perioden oder Quasiperioden angeordnet werden können. Typische Beispiele für solche Mikrostrukturen sind Buchstaben und Symbole, die die Mikromotivbilder einer

Moire-Vergrößerungsanordnung bilden. Die Funktionsweise und vorteilhafte Anordnungen für derartige Moire-Vergrößerungsanordnungen sind in den Druckschriften DE 10 2005 062 132 A1 und WO 2007/076952 A2 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insoweit in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Füllt man derartige Mikrostrukturen mit erfindungsgemäßen Nanostrukturen, so kann ihnen eine auf andere Weise nur schwer oder gar nicht erreichbare Farbigkeit insbesondere mit mehreren Farben auf sehr kleinem Raum verliehen werden.

[0093] Fig. 15 zeigt in (a) bis (c) beispielhaft drei Ausführungsformen von Mikromotivelementen 150, die durch Füllung mit metallischen Nanostrukturen farbig erscheinen. Die Mikromotivelemente 150, die in Fig. 15 zur Illustration nur durch den Buchstaben "A" dargestellt sind, weisen typischerweise eine laterale Abmessung zwischen $10\ \mu\text{m}$ und $35\ \mu\text{m}$ und eine Strichstärke zwischen $1\ \mu\text{m}$ und $10\ \mu\text{m}$ auf und können daher mit herkömmlichen Verfahren nur schwer farbig gestaltet werden.

[0094] Bei der in Fig. 15(a) gezeigten Erfindungsvariante enthält der Bereich der Mikromotivelemente 150 metallische Nanopartikel 152, die in ein Trägermedium 154 eingebettet sind, wie oben genauer beschrieben. Die Mikromotivelemente 150 der Fig. 15(b) sind mit einem linearen Subwellenlängengitter 156 gefüllt, und die in Fig. 15(c) gezeigten Mikromotivelemente 150 mit einem quadratischen Kreuzgitter 158.

[0095] Die Farberzeugung bzw. Schwärzung wird durch die Anregung von Plasmonen in den jeweiligen Nanostrukturen 152, 156, 158 bewerkstelligt, wie oben bereits beschrieben. Im Falle der Füllung mit dem Liniengitter 156, dessen Periode deutlich kleiner sein soll als die Wellenlänge sichtbaren Lichts, wird neben dem Farbeffekt auch ein polarisierender Effekt zu beobachten sein. Welche Farbe im Detail entsteht, hängt von der Beschaffenheit der Nanostrukturen und der Art der dielektrischen Einbettung ab, wie bereits ausführlich erläutert. Die deterministischen Strukturen 156, 158 der Figuren 15(b) und (c) können durch Prägen in UV-Lack und anschließendes Aufdampfen einer Metallschicht geeigneter Dicke hergestellt werden. Bei Bedarf kann anstelle einer einfachen Metallschicht auch zusätzlich ein Schichtsystem aufgebracht werden, wie oben beschrieben, etwa um die plasmonischen Farbeffekte zusätzlich zu verstärken.

[0096] Bei den entstehenden Profilformen können sich die mit Nanostrukturen versehenen Flächenabschnitte auf der Ebene des Velinbereichs befinden oder im Vergleich zu dieser Ebene nach unten oder nach oben versetzt sein. Typische Prägetiefen liegen im Bereich zwischen 10 nm und 500 nm für die Nanostrukturen und bis maximal $10\ \mu\text{m}$ für die Mikrostrukturen.

[0097] Darüber hinaus können die nach oben oder unten versetzten Bereiche, die die Flächen der Mikromotivelemente 150 definieren, auch gekrümmte Profile aufweisen.

[0098] In den Darstellungen der Fig. 15 besteht der Velinbereich aus einer unstrukturierten, glatten Oberfläche, während die die Mikrostrukturen bildenden Flächen mit Nanostrukturen ausgestattet sind. Es ist allerdings auch der umkehrte Fall möglich, in dem die Mikrostrukturen keine zusätzliche Strukturierung erfahren, sondern der umgebende Velinbereich nanostrukturiert ist. Wie in dem Ausführungsbeispiel der Fig. 16 gezeigt, kommt auch eine Kombination beider Möglichkeiten in Betracht, bei der sowohl die Mikromotivelemente 160 als auch der umgebende Velinbereich 162 mit Nanostrukturen 164, 166 versehen sind, die jeweils unterschiedliche Farbwirkungen erzielen.

[0099] In Ergänzung zu den bisher beschriebenen Ausgestaltungen können sich die Nanostrukturen auch innerhalb einer Mikrostruktur verändern, beispielsweise kontinuierlich, abrupt oder statistisch. Das Gleiche gilt für die Nanostrukturfüllung des Velinbereichs: auch sie muss nicht zwangsweise homogen sein, wie in den Ausführungsbeispielen der Figuren 15 und 16 gezeigt. Auch die Flächenabschnitte, die keine Nanostrukturen enthalten, können unstrukturiert oder mit anderen Strukturen gefüllt sein. Infrage kommen dazu beispielsweise Mikrostrukturen, wie etwa Sägezahnstrukturen oder retroreflektive Würfeckstrukturen, oder sogenannte Mottenaugenstrukturen, die Licht absorbieren und daher dunkel bis schwarz aussehen.

Patentansprüche

1. Sicherheitselement (80) für Sicherheitspapiere, Wertdokumente und dergleichen, mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, der metallische Nanostrukturen enthält, in denen durch die einfallende elektromagnetische Strahlung Volumen- oder Oberflächenplasmonen angeregt und/oder Resonanzerscheinungen hervorgerufen werden und der Merkmalsbereich als metallische Nanostrukturen Subwellenlängengitter mit Gitterperioden unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts enthält, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Subwellenlängengitter als Binärstrukturen (86) ausgebildet sind, die ausschließlich ebene metallische Flächenabschnitte auf nur zwei verschiedenen Höhenstufen enthalten, wobei die Subwellenlängengitter eine laterale Variation der Gitterprofile, nämlich eine laterale Variation der Profiltiefen, aufweisen, um lateral unterschiedliche Farbeindrücke zu erzeugen und das Sicherheitselement ein farbiges Bild aus einer Mehrzahl von Pixelelementen enthält, bei dem die Gitterprofile innerhalb eines Pixelelements jeweils konstant sind und die Gitterprofile verschiedenfarbiger Pixelelemente entsprechend dem jeweiligen Farbeindruck unterschiedlich ausgebildet sind.
2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Spektralbereich selektiv beeinflusst.

3. Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv reflektiert und/oder transmittiert.
4. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich transparent oder transluzent ist.
5. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in verschiedenen Teilbereichen verschiedene metallische Nanostrukturen enthält.
6. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Subwellenlängengitter mit einer Beugungsstruktur kombiniert sind, die die einfallende elektromagnetische Strahlung spektral aufspaltet.
7. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Subwellenlängengitter Gitterlinien mit einer variierenden Breite aufweisen.
8. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gitterperioden der Subwellenlängengitter zwischen 10 nm und 500 nm, bevorzugt zwischen 50 und 400 nm und besonders bevorzugt zwischen 100 nm und 350 nm liegen.
9. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Subwellenlängengitter durch lineare Gitter gebildet sind, oder die Subwellenlängengitter durch zweidimensionale Kreuzgitter gebildet sind, die in einer oder zwei Raumrichtungen periodisch sind, oder die Subwellenlängengitter durch ein- oder zweidimensionale gekrümmte Gitter mit sich kontinuierlich veränderndem Azimutwinkel der Gitterlinien gebildet sind, oder die Subwellenlängengitter durch ein- oder zweidimensionale wiederholte Anordnung von metallischen Strukturelementen gebildet sind.
10. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (80) nach wenigstens einem der Anspruch 1 bis 9, bei dem das Sicherheitselement (80) in einem Merkmalsbereich mit metallischen Nanostrukturen versehen wird, in denen durch die einfallende elektromagnetische Strahlung Volumen- oder Oberflächenplasmonen angeregt und/oder Resonanz-

scheinungen hervorgerufen werden und als metallische Nanostrukturen ein oder mehrere Subwellenlängengitter mit Gitterperioden unterhalb der Wellenlänge des sichtbaren Lichts auf ein Substrat aufgebracht werden, wobei die Subwellenlängengitter mit einer lateralen Variation der Gitterprofile, nämlich mit einer lateralen Variation der Profiltiefen, aufgebracht werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in eine Prägelschicht (84) eine Reliefstruktur in Form der gewünschten Subwellenlängengitter eingeprägt wird und auf die Reliefstruktur eine Metallisierung (86) aufgebracht, insbesondere aufgedampft wird.
12. Sicherheitspapier für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumente, wie Banknoten, Schecks, Ausweiskarten, Urkunden oder dergleichen, das mit einem Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9 versehen ist.
13. Sicherheitspapier nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitspapier ein Trägersubstrat aus Papier oder Kunststoff umfasst.
14. Datenträger, insbesondere Markenartikel, Wertdokument oder dergleichen, mit einem Sicherheitselement nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
15. Datenträger nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sicherheitselement in oder über einem Fensterbereich oder einer durchgehenden Öffnung des Datenträgers angeordnet ist.

Claims

1. A security element (80) for security papers, value documents and the like, having a feature region that selectively influences incident electromagnetic radiation and that includes metallic nanostructures in which volume or surface plasmons are excited and/or resonance effects are caused by the incident electromagnetic radiation and the feature region includes, as metallic nanostructures, one or more subwavelength gratings having grating periods below the wavelength of visible light, **characterized in that** the subwavelength gratings are formed as binary structures (86) that include exclusively planar metallic areal sections on only two different height levels, the subwavelength gratings having a lateral variation in the grating profiles, specifically a lateral variation in the profile depths, in order to produce laterally differing color impressions, and the security element including, composed of a plurality of pixel elements, a colored image in which, in each case, the grating profiles are constant within a pixel element, and the

grating profiles of different colored pixel elements are differently developed in accordance with the respective color impression.

2. The security element according to claim 1, **characterized in that** the feature region selectively influences incident electromagnetic radiation in the visible spectral range.
3. The security element according to one of claims 1 or 2, **characterized in that** the feature region selectively reflects and/or transmits incident electromagnetic radiation.
4. The security element according to at least one of claims 1 to 3, **characterized in that** the feature region is transparent or translucent.
5. The security element according to at least one of claims 1 to 4, **characterized in that** the feature region includes different metallic nanostructures in different sub-regions.
6. The security element according to at least one of claims 1 to 5, **characterized in that** the subwavelength gratings are combined with a diffraction structure that splits the incident electromagnetic radiation spectrally.
7. The security element according to at least one of claims 1 to 6, **characterized in that** the subwavelength gratings comprise grating lines having a varying width.
8. The security element according to at least one of claims 1 to 7, **characterized in that** the grating periods of the subwavelength gratings are between 10 nm and 500 nm, preferably between 50 and 400 nm and particularly preferably between 100 nm and 350 nm.
9. The security element according to at least one of claims 1 to 8, **characterized in that** the subwavelength gratings are formed by linear gratings, or the subwavelength gratings are formed by two-dimensional cross-line gratings that are periodic in one or two spatial directions, or the subwavelength gratings are formed by curved one- or two-dimensional gratings having a continually changing azimuth angle of the grating lines, or the subwavelength gratings are formed by repeated one- or two-dimensional arrangement of metallic structure elements.
10. A method for manufacturing a security element (80) according to at least one of claims 1 to 9, in which, in a feature region, the security element (80) is provided with metallic nanostructures in which volume or surface plasmons are excited and/or resonance

effects are caused by the incident electromagnetic radiation, and as metallic nanostructures, one or more subwavelength gratings having grating periods below the wavelength of visible light are applied to a substrate, the subwavelength gratings being applied having a lateral variation in the grating profiles, specifically having a lateral variation in the profile depths.

11. The method according to claim 10, **characterized in that** a relief structure is embossed in an embossing lacquer layer (84) in the form of the desired subwavelength gratings, and a metalization (86) is applied to, especially evaporated onto, the relief structure.
12. A security paper for manufacturing security or value documents, such as banknotes, checks, identification cards, certificates or the like, that is furnished with a security element according to at least one of claims 1 to 9.
13. The security paper according to claim 12, **characterized in that** the security paper comprises a carrier substrate composed of paper or plastic.
14. A data carrier, especially a branded article, value document or the like, having a security element according to one of claims 1 to 9.
15. The data carrier according to claim 14, **characterized in that** the security element is arranged in or over a window region or a through opening in the data carrier.

Revendications

1. Élément de sécurité (80) pour papiers de sécurité, documents de valeur et similaires, avec une zone à caractère distinctif, influençant sélectivement un rayonnement électromagnétique incident, laquelle contient des nanostructures métalliques dans lesquelles des plasmons de volume ou de surface sont induits et/ou des phénomènes de résonance sont provoqués par le rayonnement électromagnétique incident et la zone à caractère distinctif contient, en guise de nanostructures métalliques, des réseaux sous-longueur d'onde avec des périodes de réseau inférieures à la longueur d'onde de la lumière visible, **caractérisé en ce que** les réseaux sous-longueur d'onde sont réalisés en tant que structures binaires (86) qui contiennent exclusivement des parties de surface métalliques planes sur seulement deux niveaux différents, dans lequel les réseaux sous-longueur d'onde présentent une variation latérale des profils de réseau, à savoir une variation latérale des profondeurs de profil, pour produire des impressions

de couleur latéralement différentes, et que l'élément de sécurité contient une image en couleur comprenant une pluralité d'éléments de pixel où les profils de réseau à l'intérieur d'un élément de pixel sont respectivement constants et les profils de réseau d'éléments de pixel de couleurs différentes sont réalisés différemment de manière correspondante à l'impression de couleur respective.

2. Élément de sécurité selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la zone à caractère distinctif influence sélectivement un rayonnement électromagnétique incident dans la plage spectrale visible.
3. Élément de sécurité selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la zone à caractère distinctif réfléchit sélectivement et/ou transmet un rayonnement électromagnétique incident.
4. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la zone à caractère distinctif est transparente ou translucide.
5. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la zone à caractère distinctif contient, dans différentes zones partielles, différentes nanostructures métalliques.
6. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les réseaux sous-longueur d'onde sont combinés avec une structure de diffraction qui décompose spectralement le rayonnement électromagnétique incident.
7. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les réseaux sous-longueur d'onde présentent des lignes de réseau avec une largeur variable.
8. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les périodes de réseau des réseaux sous-longueur d'onde sont comprises entre 10 nm et 500 nm, de préférence entre 50 et 400 nm, et de manière particulièrement préférée, entre 100 nm et 350 nm.
9. Élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** les réseaux sous-longueur d'onde sont formés par des réseaux linéaires, ou que les réseaux sous-longueur d'onde sont formés par des réseaux croisés bidimensionnels qui sont périodes dans une ou deux directions spatiales, ou que les réseaux sous-longueur d'onde sont formés par des réseaux courbes unidimensionnels ou bidimensionnels avec un angle azimutal variant en continu des lignes de réseau, ou que les réseaux sous-longueur d'onde sont formés par l'agencement unidimensionnel ou bidimensionnel

répété d'éléments structurels métalliques.

10. Procédé pour la fabrication d'un élément de sécurité (80) selon l'une au moins des revendications 1 à 9, avec lequel, dans une zone à caractère distinctif, l'élément de sécurité (80) est doté de nanostructures métalliques dans lesquelles des plasmons de volume ou de surface sont induits et/ou des phénomènes de résonance sont provoqués par le rayonnement électromagnétique incident, et en guise de nanostructures métalliques, un ou plusieurs réseaux sous-longueur d'onde avec des périodes de réseau inférieures à la longueur d'onde de la lumière visible sont appliqués sur un substrat, dans lequel les réseaux sous-longueur d'onde sont appliqués avec une variation latérale des profils de réseau, à savoir avec une variation latérale des profondeurs de profil. 5
10
15
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que**, dans une couche de vernis d'estampage (84), une structure en relief sous la forme des réseaux sous-longueur d'onde souhaités est estampée et qu'une métallisation (86) est appliquée, en particulier déposée en phase vapeur, sur la structure en relief. 20
25
12. Papier de sécurité pour la fabrication de documents de sécurité ou de valeur, tels des billets de banque, des chèques, des cartes d'identification, des actes ou similaires, lequel est muni d'un élément de sécurité selon l'une au moins des revendications 1 à 9. 30
13. Papier de sécurité selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le papier de sécurité comprend un substrat de support en papier ou plastique. 35
14. Support de données, en particulier article de marque, document de valeur ou similaire, avec un élément de sécurité selon l'une des revendications 1 à 9. 40
15. Support de données selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** l'élément de sécurité est disposé dans ou sur une zone de fenêtre ou une ouverture traversante du support de données. 45

50

55

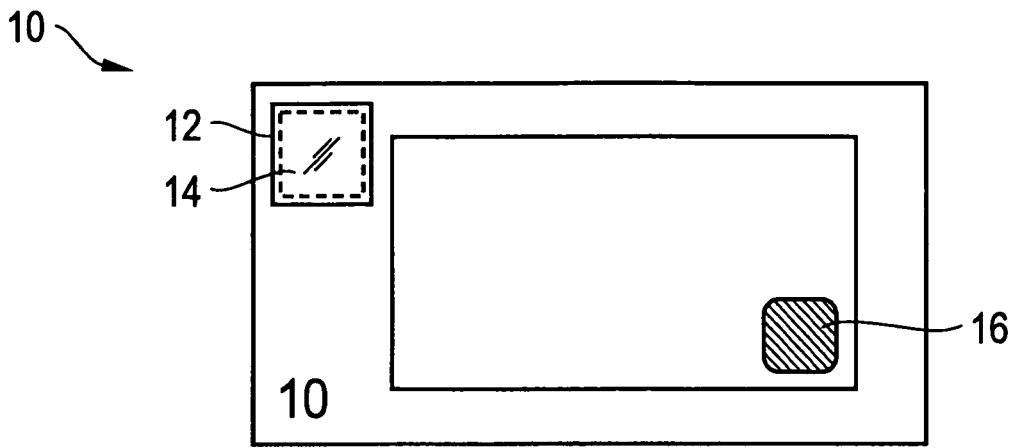


Fig. 1

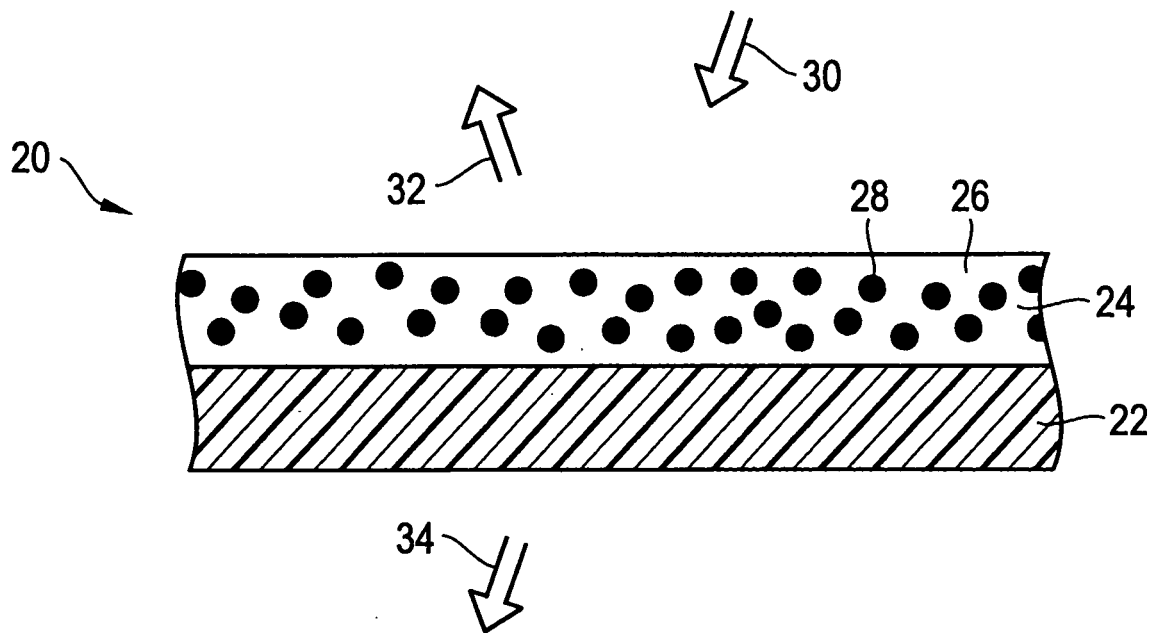


Fig. 2

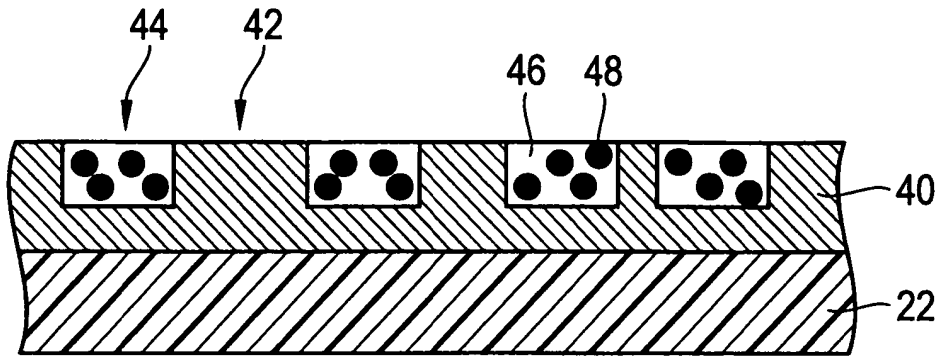


Fig. 3

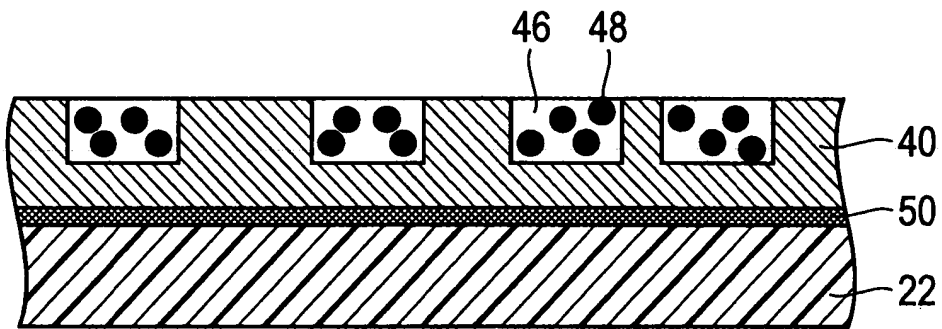


Fig. 4

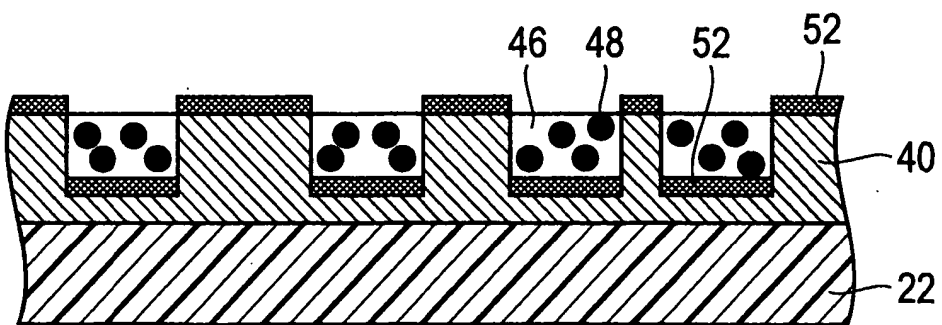


Fig. 5

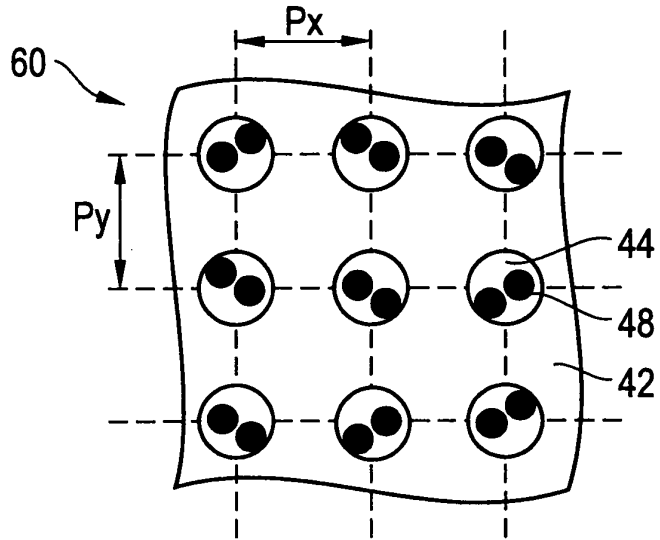


Fig. 6a

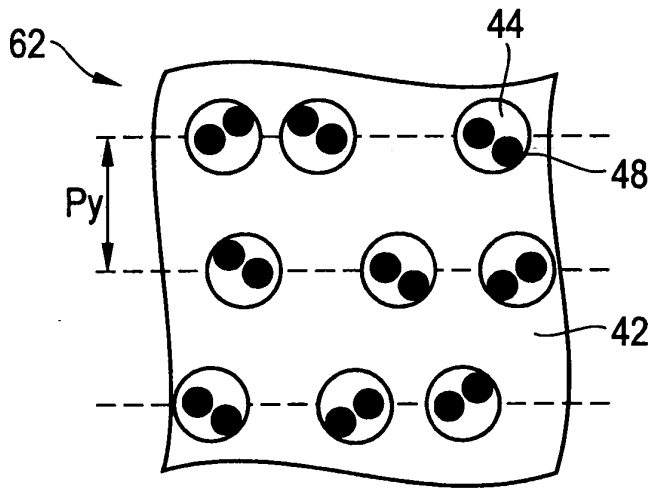


Fig. 6b

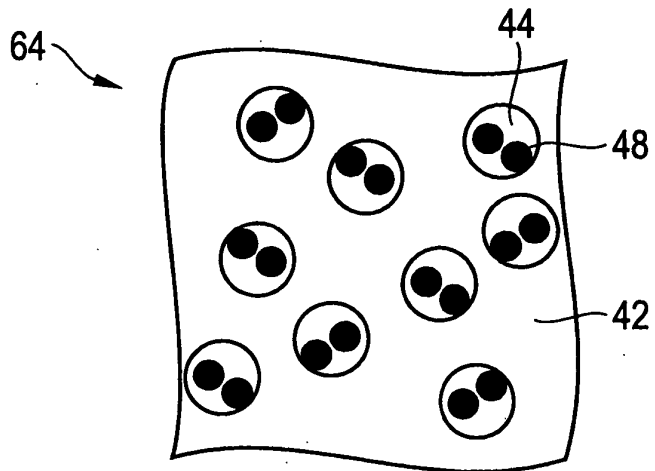


Fig. 6c

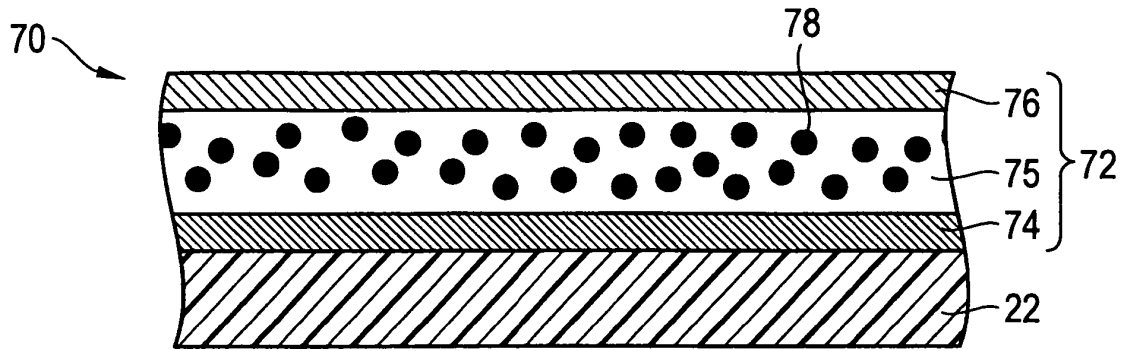


Fig. 7

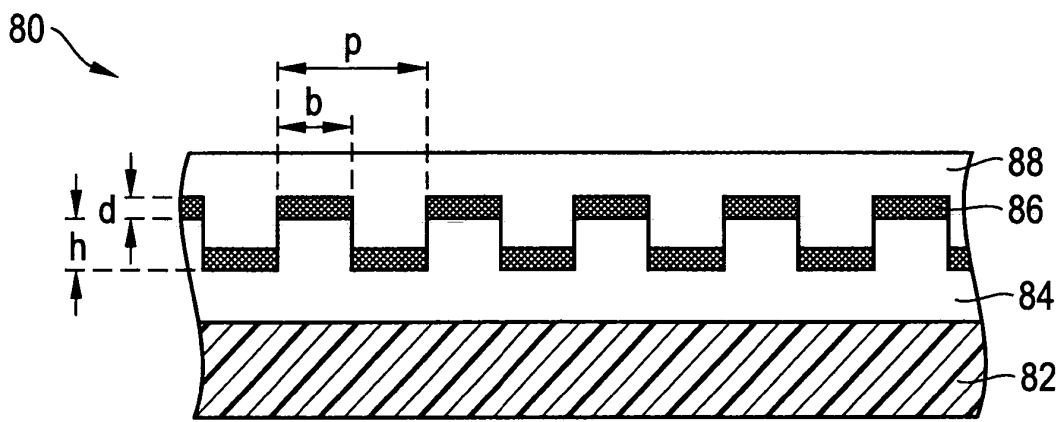


Fig. 8

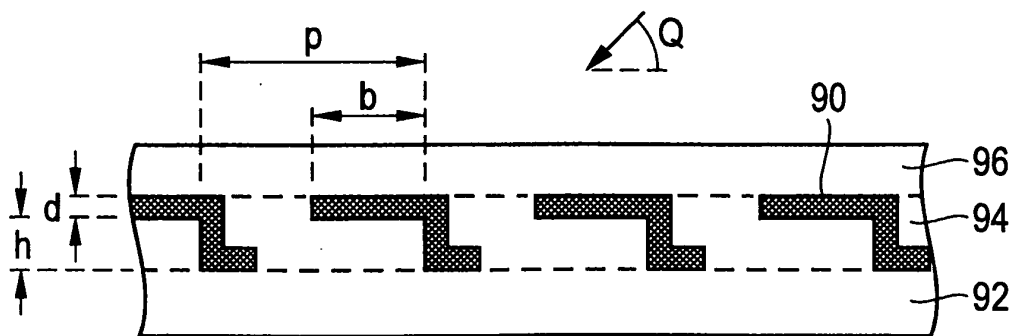


Fig. 9

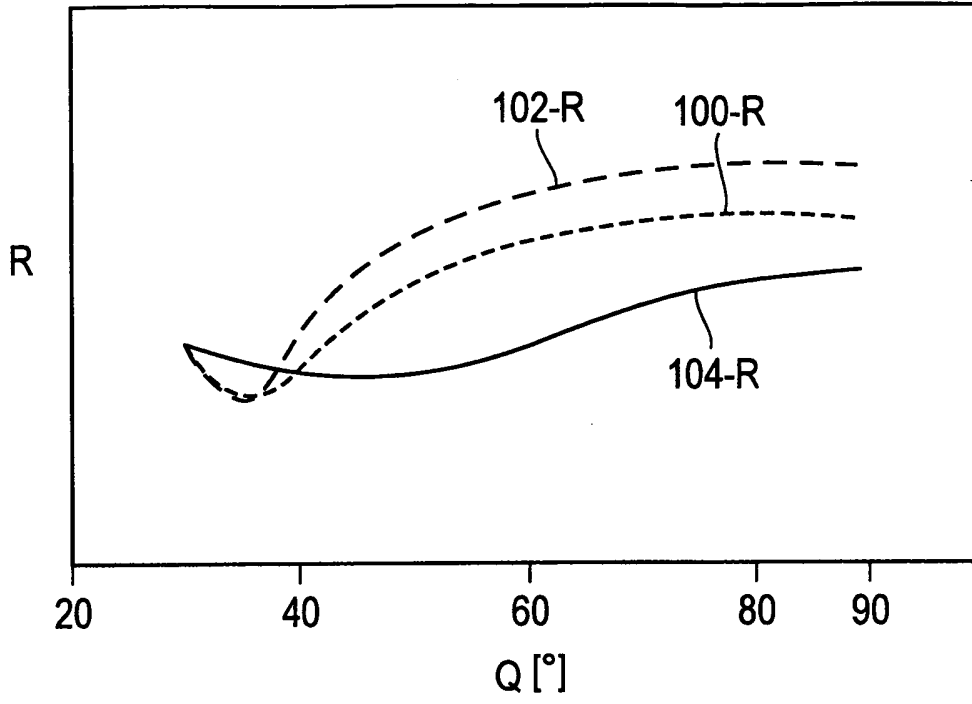


Fig. 10a

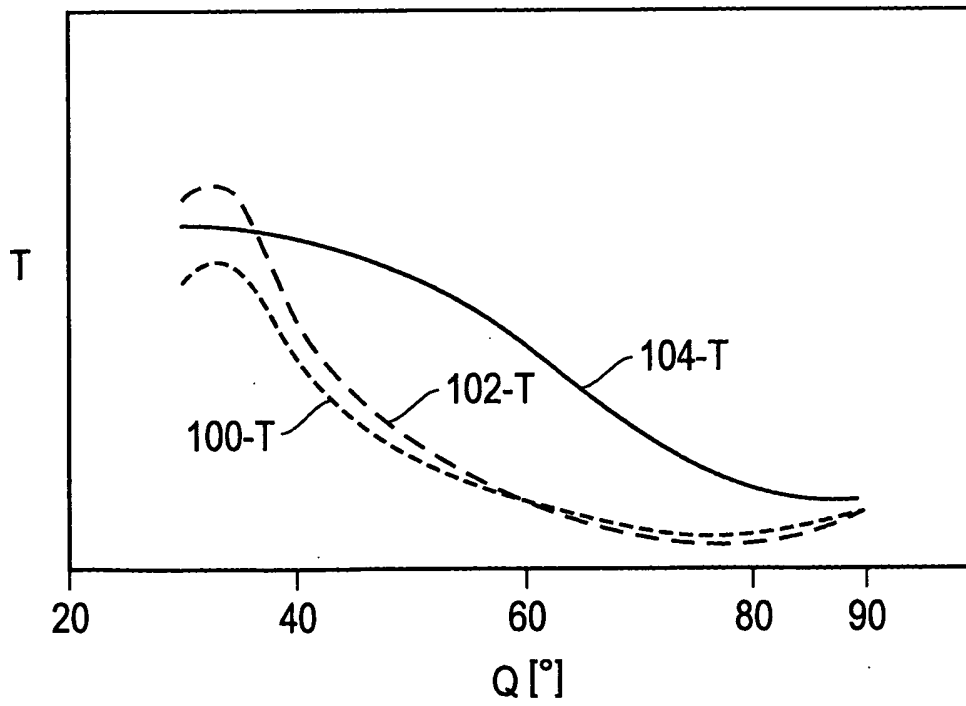


Fig. 10b

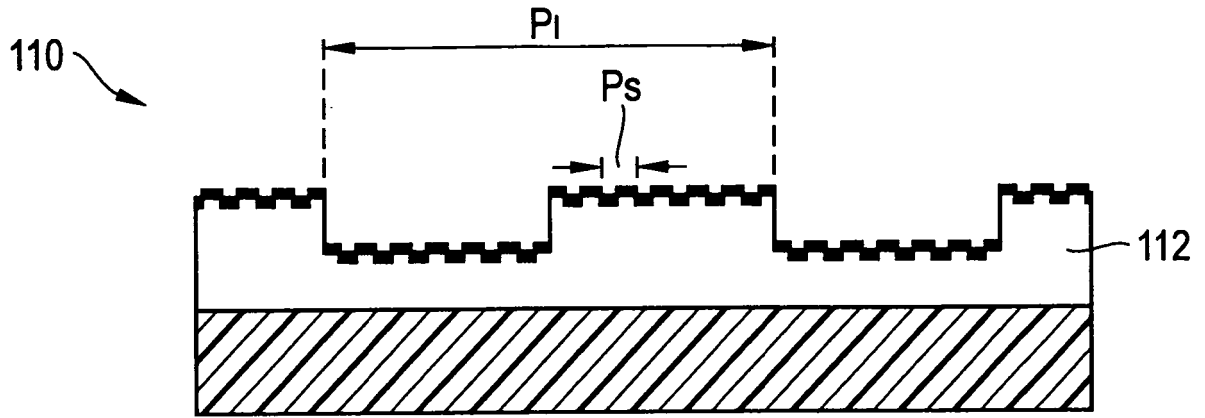


Fig. 11

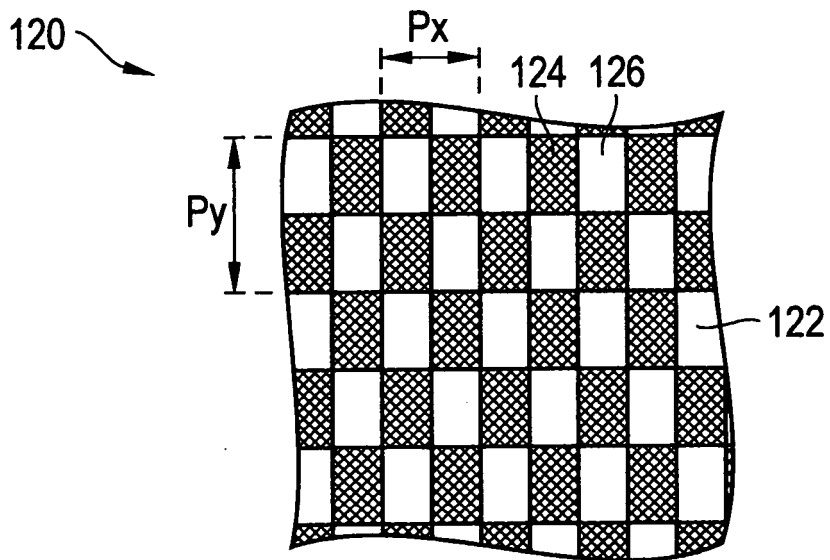


Fig. 12

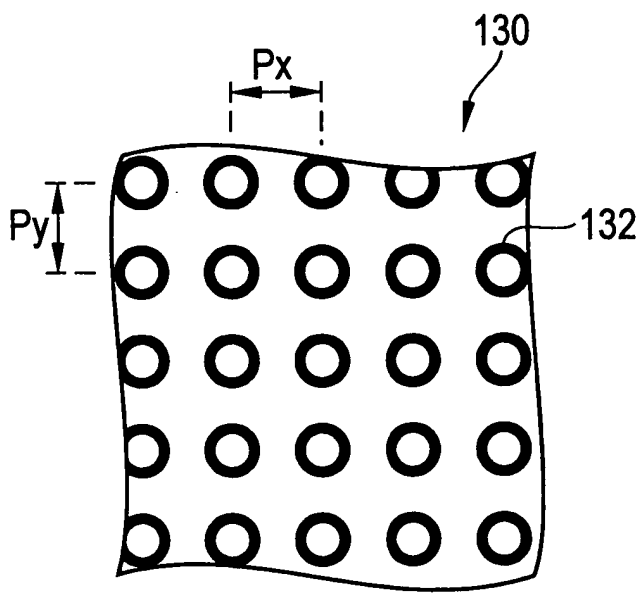


Fig. 13a

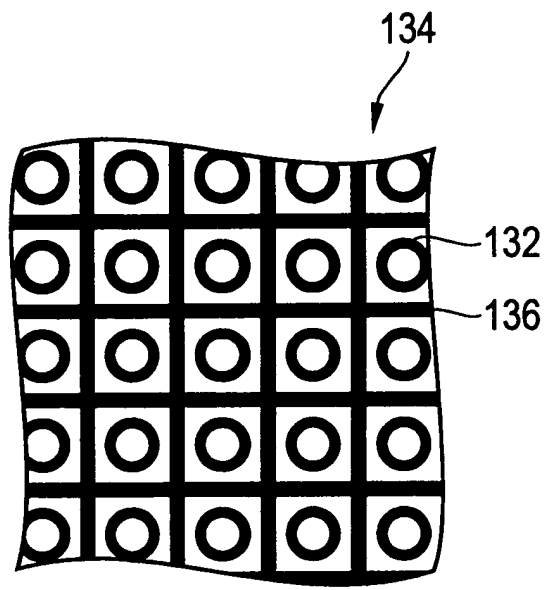


Fig. 13b

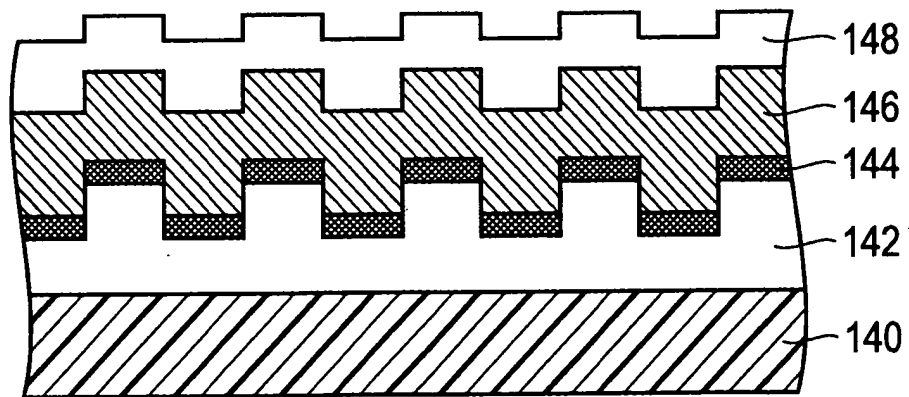


Fig. 14

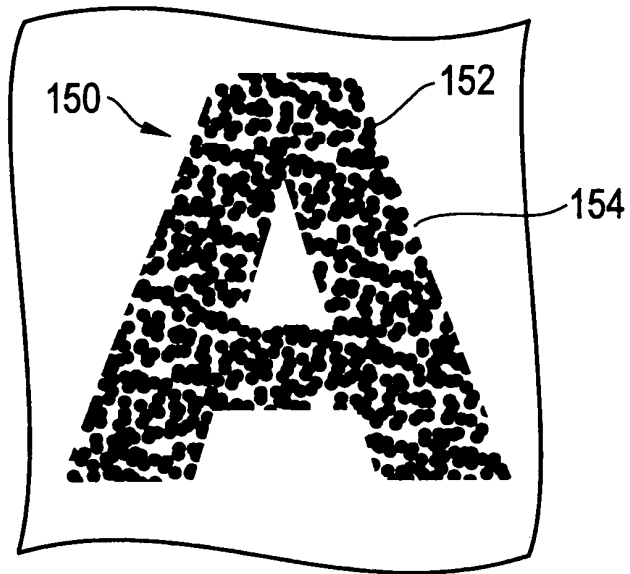


Fig. 15a

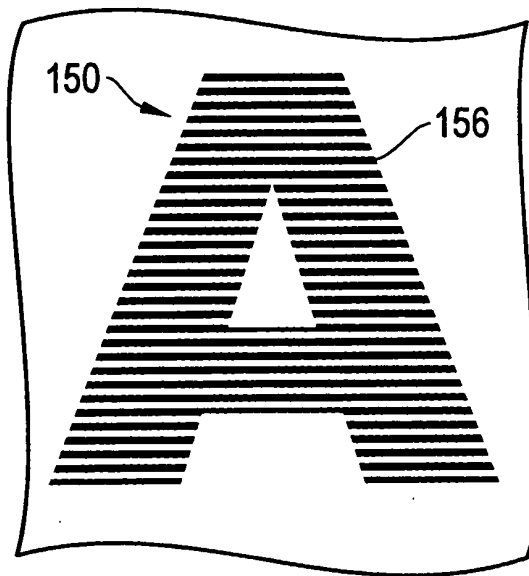


Fig. 15b

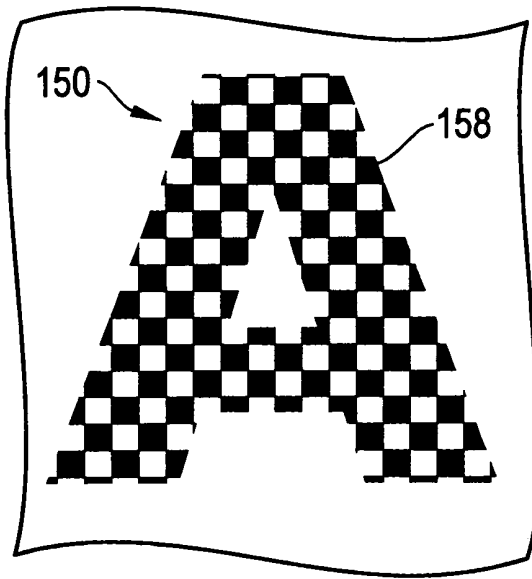


Fig. 15c

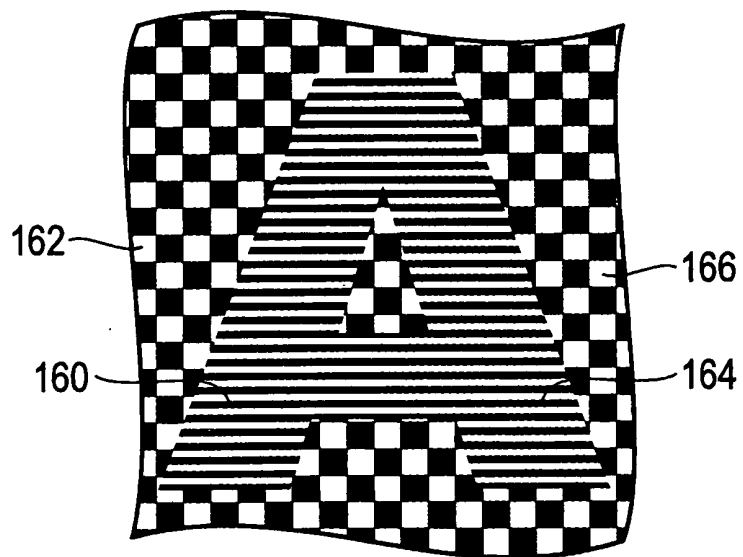


Fig. 16

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

- WO 2007140484 A [0007]
- WO 2004077468 A2 [0008]
- DE 102005062132 A1 [0030] [0092]
- WO 2007076952 A2 [0030] [0092]
- DE 102007029203 [0030]
- EP 2008005173 W [0030]
- EP 2008005172 W [0030]
- EP 2007005200 W [0060]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **M.C. HUTLEY ; R. HUNT ; R.F. STEVENS ; P. SA-VANDER.** The moire magnifier. *Pure Appl. Opt.*, 1994, vol. 3, 133-142 [0005]