(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 972 463 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.2008 Patentblatt 2008/39

(51) Int Cl.:
B42D 15/00 *(2006.01)* ***B42D 15/10*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08004395.3**

(22) Anmeldetag: **10.03.2008**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **13.03.2007 DE 102007012042**

(71) Anmelder: **Giesecke & Devrient GmbH**
81677 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Mengel, Christoph Dr.**
  83607 Holzkirchen (DE)
- **Pillo, Thorsten Dr.**
  83626 Valley (DE)
- **Hoffmüller, Winfried Dr.**
  83646 Bad Tälz (DE)

(54) **Sicherheitselement**

(57) Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement für Sicherheitspapiere, Wertdokumente (20) und dergleichen mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich (12), wobei der Merkmalsbereich (12) erfindungsgemäß ein Material mit photonischer Bandlücke (26) enthält.

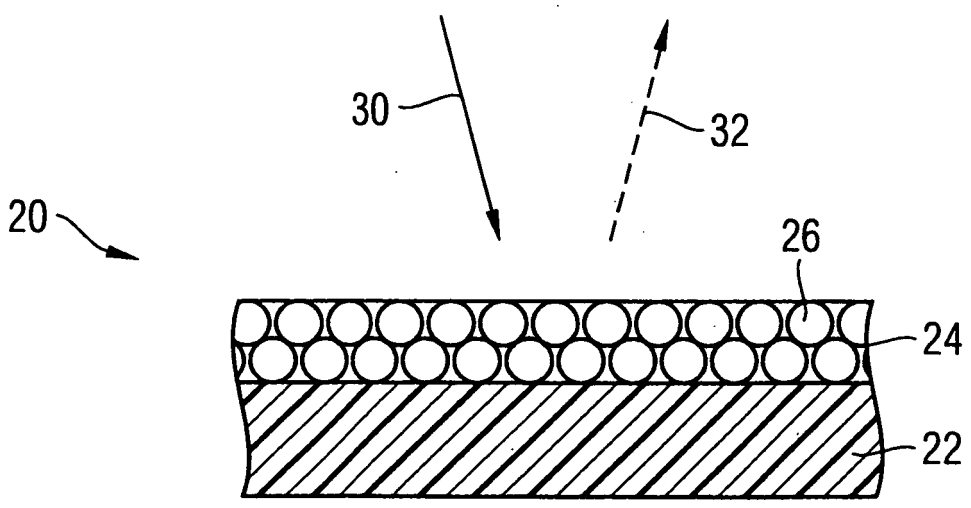


Fig. 2

EP 1 972 463 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement für Sicherheitspapiere, Wertdokumente und dergleichen mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Sicherheitspapier und eine entsprechende Sicherheitsfolie für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumenten, einen Datenträger mit einem solchen Merkmalsbereich sowie ein zugehöriges Herstellungsverfahren.

[0002] Datenträger, wie Wert- oder Ausweisdokumente, aber auch andere Wertgegenstände, wie etwa Markenartikel, werden zur Absicherung oft mit Sicherheitsmerkmalen versehen, die eine Überprüfung der Echtheit des Datenträgers gestatten und die zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dienen. Die Sicherheitsmerkmale können beispielsweise in Form separat hergestellter Sicherheitselemente vorliegen, die in die Datenträger ein- oder aufgebracht werden, beispielsweise in Form eines in eine Banknote eingebetteten Sicherheitsfadens, einer Abdeckfolie für eine Banknote mit Loch, eines aufgebrachten Sicherheitsstreifens oder eines selbsttragenden Transferelements, das nach seiner Herstellung auf ein Wertdokument aufgebracht wird. Teilweise werden die Sicherheitsmerkmale auch direkt auf den zu schützende Datenträger aufgedruckt oder in das Volumen des Datenträgersubstrats eingebracht.

[0003] Aufgrund der leichten Verfügbarkeit und hohen Qualität der Reproduktionen, die mit modernen Farbkopiergeräten oder hochauflösenden Scannern in Verbindung mit guten Farbdruckern erstellt werden können, besteht ein Bedürfnis, die Fälschungssicherheit derartiger Sicherheitsmerkmale weiter zu erhöhen.

[0004] Davon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, Sicherheitselemente, Sicherheitspapiere, Sicherheitsfolien und Wertdokumente der eingangs genannten Art hinsichtlich ihrer Nachahmungssicherheit weiter zu verbessern.

[0005] Diese Aufgabe wird durch das Sicherheitselement mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Ein entsprechendes Sicherheitspapier und eine entsprechende Sicherheitsfolie, ein Datenträger sowie ein zugehöriges Herstellungsverfahren sind in den nebengeordneten Ansprüchen angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Gemäß der Erfindung ist bei einem gattungsgemäßen Sicherheitselement vorgesehen, dass der Merkmalsbereich ein Material mit photonischer Bandlükke enthält. Bei derartigen Materialien, die oft auch als photonische Kristalle bezeichnet werden, handelt es sich um periodisch aufgebaute Nanostrukturen, die auf Lichtwellen in ähnlicher Weise wirken wie Halbleiterkristalle auf Elektronenwellen. Durch eine periodische Modulation der Dielektrizitätskonstanten kann sich Licht im photonischen Kristall nur in bestimmten Wellenlängenbereichen ausbreiten, während sie in anderen Wellenlängenbereichen zu einer destruktiven Interferenz der Lichtwellen in allen Raumrichtungen führt. Licht aus diesem Wellenlängenbereich kann sich daher mangels geeigneter Moden des elektromagnetischen Felds im Kristall nicht ausbreiten, so dass dieser Wellenlängenbereich in Analogie zur elektronischen Bandlücke in Halbleitern als photonische Bandlücke bezeichnet wird.

[0007] Ein perfekter photonischer Kristall stellt für Licht aus dem Wellenlängenbereich der Bandlücke einen perfekten Reflektor dar. Ähnlich wie bei Halbleitern können durch den gezielten Einbau von Defekten, die den periodischen Aufbau des Kristalls stören und seine Bandstruktur kontrolliert verändern, innerhalb der Bandlücke Defektmoden erzeugt werden. Licht aus dem eigentlich verbotenen Bereich kann in solchen lokalisierten Moden kontrolliert im Kristall geführt werden. Photonische Kristalle können beispielsweise aus strukturierten Halbleitern, Gläsern oder Polymeren bestehen. Für weitere Einzelheiten zu photonischen Kristallen und ihrer Herstellung wird auf die Literatur verwiesen, beispielsweise auf "Photonic Crystals - Advances in Design, Fabrication, and Characterization", Kurt Busch, Stefan Lölkes, Ralf Wehrspohn, and Helmut Föll (Eds.), Wiley-VCH (Weinheim), (2004), insbesondere Kapitel 6 (Seiten 109-131) und 8 (Seiten 153-173).

[0008] Nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung absorbiert der Merkmalsbereich selektiv einfallende elektromagnetische Strahlung in einem schmalen Spektralbereich. Besonders bevorzugt liegt der schmale Spektralbereich selektiver Absorption im nahen Infrarot, insbesondere im Bereich zwischen 800 nm und 1500 nm, ganz besonders bevorzugt im Bereich zwischen 800 nm und 1000 nm. Während alle bekannten IR-Absorber in der Regel gefärbt sind, kann auf Grundlage des photonischen Bandlückenmaterials ein farbloser oder weißer IR-Absorber bereitgestellt werden. Bei Anwendung im Sicherheitsdruck können so maschinenlesbare, äußerst brillante Farbtöne verwirklicht werden, die kaum fälschbar sind.

[0009] In einer Weiterbildung der Erfindung können die Merkmalsbereiche auch spezifische IR-Absorptionseigenschaften aufweisen. Da die Lage der Absorptionsbanden durch eine Variation der Größe und/ oder des Brechungsindexunterschieds von Matrix und photonischem Bandlückenmaterial (als direkte Struktur oder als inverser photonischer Kristall) in weiten Bereichen eingestellt werden kann, lassen sich durch eine sehr enge Polydispersität der photonischen Kristalle gezielt schmale Absorptionsbanden im Infraroten einstellen. Werden somit zwei oder mehr photonische Kristalle unterschiedlicher Größe bzw. mit unterschiedlichem Brechungsindex kombiniert, so lassen sich gezielt Bandenmuster erzeugen, die von einem IR-Sensor als Echtheitskennzeichen erfasst werden können. Zu diesem Zweck können beispielsweise unterschiedliche photonische Kristalle gemischt werden, oder unterschiedliche photonische Kristalle können lagenweise übereinander angeordnet werden. Selbstverständlich können in der Mischung auch eine oder mehrere Komponenten spezifisch codiert wer-

den.

[0010] Durch den Einsatz von zwei oder mehr unterschiedlichen photonischen Kristallen lassen sich auch im sichtbaren Spektralbereich eindrucksvolle optische Effekte erzeugen. Werden beispielsweise in einem Merkmalsbereich eines Durchsichtssicherheitselements zwei Lagen unterschiedlicher photonischer Kristalle aufgebracht und komprimiert, so erhält man auf einer Seite des Durchsichtssicherheitselements eine andere Farbe als auf der gegenüberliegenden Seite. Dieser visuell auffällige Effekt entsteht dadurch, dass sich photonische Kristalle unterschiedlicher Größe bei der Kompression unterschiedlich verhalten und so eine unterschiedliche Farbänderung erfahren.

[0011] Nach einer anderen ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltung absorbiert der Merkmalsbereich selektiv einfallende elektromagnetische Strahlung im ultravioletten Spektralbereich. Ein solcher Merkmalsbereich kann beispielsweise als Schutz nicht lichtechter Materialien eingesetzt werden, indem der Merkmalsbereich über dem zu schützenden Bereich in pigmentierter Form als Schutzlack oder vollflächig als polymere Deckschicht aufgebracht wird.

[0012] In weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung wird die selektive Reflexion der einfallenden elektromagnetischen Strahlung durch den Merkmalsbereich ausgenutzt. Dieser Spektralbereich selektiver Reflexion kann dabei beispielsweise im ultravioletten Spektralbereich liegen. Ein maschinell gut nachweisbarer Kontrast zwischen dem Merkmalsbereich und dem Untergrund kann beispielsweise durch Anordnen des Merkmalsbereichs auf einem UV-absorbierenden Untergrund, wie etwa nicht aufgehelltem Papier, erhalten werden.

[0013] In den bisher genannten Ausgestaltungen ist der Merkmalsbereich mit Vorteil im sichtbaren Spektralbereich farblos, so dass die selektive Beeinflussung der einfallenden Strahlung mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar ist. Der gleiche Vorteil kann erreicht werden, wenn der Merkmalsbereich im sichtbaren Spektralbereich eine weiße Körperfarbe aufweist.

[0014] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der Spektralbereich selektiver Reflexion im sichtbaren Spektralbereich liegt. Der Merkmalsbereich kann dann insbesondere optisch variabel erscheinen, so dass dem Betrachter unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln unterschiedliche Farbeindrücke vermittelt werden.

[0015] Der Merkmalsbereich kann in allen genannten Ausgestaltungen in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen vorliegen, die je nach gewählten Reflexions- und Absorptionsverhalten sichtbar oder unsichtbar sein können und damit visuell und/oder maschinell nachweisbare Sicherheitsmerkmale bilden.

[0016] Nach einer Weiterbildung der Erfindung ist der Merkmalsbereich in Teilbereichen verformt, insbesondere verprägt, um Bereiche mit unterschiedlicher selektiver Beeinflussung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung zu schaffen. Insbesondere kann der Merkmalsbereich in den nicht verformten Teilbereichen Licht einer ersten Wellenlänge selektiv reflektieren und in den verformten Teilbereichen Licht einer zweiten, unterschiedlichen Wellenlänge selektiv reflektieren. Weiter kann der Merkmalsbereich in den nicht verformten Teilbereichen Licht einer ersten Wellenlänge selektiv absorbieren und in den verformten Teilbereichen Licht einer zweiten, unterschiedlichen Wellenlänge selektiv absorbieren.

[0017] Nach einer anderen Weiterbildung ist das Material mit photonischer Bandlücke in eine reversibel verformbare Matrix eingebracht, beispielsweise in ein Gel, einen weichen Lack oder eine weiche Farbe. Das Material mit photonischer Bandlücke kann auch selbst reversibel verformbar sein und beispielsweise gummielastische Eigenschaften aufweisen. In beiden Fällen werden durch Ausübung von Druck die Anordnung und/ oder die Form des photonischen Kristalls und damit auch die photonische Bandlücke und die resultierenden optischen Eigenschaften verändert. Der Merkmalsbereich bildet daher ein piezochromes, optisch variables System. Selbstverständlich können Verformungen des photonischen Bandlückenmaterials nicht nur durch Druck, sondern auch durch andere externe Stimuli, wie etwa Temperatur, elektrische Spannung, Magnetismus, Licht oder Schall, erzeugt werden.

[0018] Das Material mit photonischer Bandlücke kann insbesondere durch im unverformten Zustand sphärische Nanopartikel gebildet sein. Die Herstellung solcher Nanopartikel-Strukturen beruht auf der selbstorganisierten Anordnung monodisperser Kugeln, beispielsweise aus Latex, PMMA, Polystyrol oder anorganisch-polymeren Hybridpartikeln. Diese Materialien können etwa durch Emulsionspolymerisation oder mithilfe von Verfahren der Nasschemie und anschließendem Sintern zur Herstellung von photonischem Bandlückenmaterial eingesetzt werden. Beispielsweise können Latexkugeln sedimentiert werden, so dass sie in einer dreidimensionalen hexagonalen Anordnung liegen. Zusätzlich kann das System in einem Gasphasenprozess mit einem Dielektrikum gefüllt werden und die Latexkugeln dann durch Lösen entfernt werden, so dass eine periodische Anordnung in Form eines künstlichen invertierten Opals entsteht, die eine photonische Bandlücke aufweist.

[0019] In einer anderen Syntheseroute wird eine inverse Opalstruktur erzeugt, indem monodisperse SiO_2-Teilchen mit Photopolymeren umhüllt und diese anschließend photopolymerisiert werden. Das SiO_2 wird dann durch Zugabe von Flusssäure aufgelöst, so dass man einen inversen Opal in einer deformierbaren Acrylatmatrix erhält, dessen "Löcher" mit Luft gefüllt sind.

[0020] Die beschriebenen piezochromen Effekte lassen sich somit sowohl mit direkten Strukturen erzielen, bei denen photonisches Bandlückenmaterial in eine Matrix eingebracht ist, als auch mit inversen photonischen Kristallen, die im Rahmen dieser Beschreibung auch als inverse Opale bezeichnet werden und bei denen ur-

sprünglich vorhandene Kugeln im Lauf des Herstellungsprozesses entfernt werden, um eine Matrix mit luftgefüllten Löchern zu erzeugen. Ein Vorteil inverser photonischer Kristalle ist der hohe Unterschied des Brechungsindex von Luft mit n=1 und dem Brechungsindex von organischen Polymeren, der n=1,3 bis 1,5 betragen kann, so dass Materialien mit inversen photonischen Kristallen eine hohe Farbbrillanz aufweisen.

[0021] Statt mit einem derartigen Bottom-up-Ansatz können photonische Kristalle auch mit einem Top-down-Ansatz, also durch künstliche Strukturierung von Volumenmaterial hergestellt werden. Dazu werden in das Ausgangsmaterial beispielsweise durch Lithographie-Techniken geeignete Kanäle eingeschrieben bzw. geätzt, die zu einer photonischen Bandlücke im verbleibenden Material führen.

[0022] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann das Material mit photonischer Bandlücke eine Schale für ein funktionelles System, wie etwa einen thermochromen Leukofarbstoff oder thermochrome Flüssigkristalle bilden. Der Merkmalsbereich kann so ein thermochromes, optisch variables System bilden. Die funktionellen Systeme können beispielsweise bei einer Emulsionspolymerisation eingebracht werden, wobei die Einbettung in die Schalen als weiteren Vorteil eine Beständigkeitsverbesserung verspricht. Dabei ist auch denkbar, Inversstrukturen als Matrix zu verwenden, die dann ebenfalls mit funktionellen Systemen gefüllt werden.

[0023] In allen Gestaltungen können die photonischer Kristalle durch Laserbeaufschlagung codiert und/oder in Teilbereichen ablatiert werden, um weitere Informationen darzustellen.

[0024] Die Erfindung enthält auch ein Sicherheitspapier und eine Sicherheitsfolie für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumenten mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, der ein Material mit photonischer Bandlücke enthält. Der Merkmalsbereich kann dabei insbesondere in der oben beschriebenen Art weiter ausgebildet sein.

[0025] Der Merkmalsbereich kann im Inneren des Sicherheitspapiers bzw. der Sicherheitsfolie vorliegen, oder kann in einer auf das Sicherheitspapier bzw. die Sicherheitsfolie aufgebrachten Schicht, insbesondere in einer aufgedruckten Druckschicht vorliegen. Der Merkmalsbereich kann auch in einem in das Sicherheitspapier bzw. die Sicherheitsfolie eingebrachten oder aufgebrachten separaten Sicherheitselement der oben beschriebenen Art vorliegen.

[0026] Die Erfindung umfasst ferner einen Datenträger, insbesondere ein Wertdokument, wie eine Banknote, eine Ausweiskarte oder dergleichen, mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, der ein Material mit photonischer Bandlücke enthält. Auch in diesem Fall ist der Merkmalsbereich mit Vorteil in der oben näher beschriebenen Art weiter ausgebildet.

[0027] Der Merkmalsbereich des Datenträgers kann im Inneren des Datenträgers vorliegen, oder in einer auf den Datenträger aufgebrachten Schicht, insbesondere in einer aufgedruckten Druckschicht. Der Merkmalsbereich kann auch in einem in den Datenträger eingebrachten oder aufgebrachten separaten Sicherheitselement der oben beschriebenen Art vorliegen.

[0028] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Merkmalsbereich zumindest teilweise über einer auf dem Datenträger aufgebrachten Information angeordnet. Vorzugsweise behindert dabei der Merkmalsbereich in einem ersten Zustand die Sicht auf die darunterliegende Information. Durch Stimulation mit einem externen Stimulus, wie etwa Druck, Temperatur, elektrische Spannung, Magnetismus, Licht oder Schall, wird der Merkmalsbereich in einen zweiten Zustand überführt, in dem er die Sicht auf die darunterliegende Information freigibt.

[0029] Die Erfindung enthält weiter ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals eines Sicherheitselements, eines Sicherheitspapiers, einer Sicherheitsfolie oder eines Datenträgers, bei dem ein Merkmalsbereich mit einem Material mit photonischer Bandlücke versehen wird, um einen einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich zu schaffen. Der Merkmalsbereich kann insbesondere durch Aufdrucken einer photonisches Bandlückenmaterial enthaltenden Druckfarbe erzeugt werden, durch Aufdrucken einer Druckfarbe, die Interferenzpigmente aus photonischem Bandlückenmaterial enthält, oder durch Einbringen von photonischem Bandlückenmaterial in das Volumen eines Substrats.

[0030] Weitere Ausführungsbeispiele sowie Vorteile der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert, bei deren Darstellung auf eine maßstabs- und proportionsgetreue Wiedergabe verzichtet wurde, um die Anschaulichkeit zu erhöhen.

[0031] Es zeigen:

Fig.1 eine schematische Darstellung einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen Merkmalsbereich,

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine Banknote mit einem aufgedruckten Merkmalsbereich nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 3 einen Querschnitt durch ein Wertdokument mit einem Merkmalsbereich nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 4 einen Querschnitt durch ein Wertdokument mit einem im Inneren eines Wertdokumentsubstrats angeordneten Merkmalsbereich nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 5 einen erfindungsgemäßen Merkmalsbereich eines Wertdokuments mit einem unverformten und einem verformten Teilbereich,

Fig. 6 einen piezochromen Merkmalsbereich nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei in der linken Bildhälfte der Normalzustand und in der rechten Bildhälfte der Zustand unter Druck schematisch dargestellt sind,

Fig. 7 in einer Darstellung wie Fig. 6, einen piezochromen Merkmalsbereich nach einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 8 in einer Darstellung wie Fig. 6, einen thermochromen Merkmalsbereich nach noch weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, und

Fig. 9 eine Banknote mit einem Sicherheitselement nach noch einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0032] Die Erfindung wird nun am Beispiel einer Banknote erläutert. Fig. 1 zeigt dazu eine schematische Darstellung einer Banknote 10 mit einem erfindungsgemäßen Merkmalsbereich 12.

[0033] Der Merkmalsbereich 12 liegt im gezeigten Ausführungsbeispiel in Form eines aufgedruckten maschinenlesbaren Barcodes vor, der sich im sichtbaren Spektralbereich aufgrund einer weißen Körperfarbe der verwendeten Druckfarbe nicht vom ebenfalls weißen Untergrund abhebt. Aufgrund des im Merkmalsbereich 12 enthaltenen photonischen Bandlückenmaterials weisen die bedruckten Stellen im nahen Infrarot eine charakteristische schmalbandige Absorption auf, die maschinell leicht nachgewiesen werden kann.

[0034] Das Grundprinzip und die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Gestaltungen werden nun anhand der Fig. 2 näher erläutert. Fig. 2 zeigt einen Querschnitt durch eine Banknote 20, auf deren Substrat 22 in einem Merkmalsbereich eine Druckschicht 24 aufgedruckt ist. Die Druckschicht 24 enthält eine Bindemittelmatrix, in die Interferenzpigmente aus photonischem Bandlückenmaterial 26 eingebracht sind. In den Querschnitten sind die Interferenzpigmente bzw. das Material mit photonischer Bandlücke schematisch durch eine Anordnung von Kreisscheiben wiedergegeben. Durch geeignete nasschemische Verfahren, wie etwa durch ein Sol-Gel-Verfahren oder durch Emulsionspolymerisation, können derartige Interferenzpigmente vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden. Es versteht sich jedoch, dass im Rahmen der Erfindung alle Arten von Materialien mit photonischer Bandlücke eingesetzt werden können. Insbesondere eignet sich auch eine Dispersionslackschicht, die Material mit photonischer Bandlücke enthält. Vorzugsweise ist dieses Material durch sphärische Nanopartikel gebildet.

[0035] Wie weiter oben erläutert, können die Reflexions- und Absorptionseigenschaften des photonischen Bandlückenmaterials 26 durch geeignete Einstellung der Lage und Größe der photonischen Bandlücke und gegebenenfalls durch Einbringen von Defektmoden in die Bandlücke in weitem Bereich nach Wunsch gestaltet werden. In den Ausführungsbeispielen der Figuren 1 und 2 sind die Bandlücke des Materials 26 und die Defektmoden in der Bandlücke so gewählt, dass das Material 26 von der einfallenden elektromagnetischen Strahlung 30 den sichtbaren und ultravioletten Strahlungsanteil 32 praktisch vollständig reflektiert und von dem infraroten Strahlungsanteil einen sehr schmalbandigen Bereich im nahen Infrarot absorbiert. Die eingestellte Absorptionswellenlänge liegt dabei vorzugsweise zwischen 800 nm und 1000 nm, beispielsweise bei etwa 850 nm.

[0036] Wegen der hohen und gleichmäßigen Reflektivität des photonischen Bandlückenmaterials 26 im sichtbaren Spektralbereich weist die aufgedruckte Druckschicht 24 für den Betrachter eine weiße Körperfarbe auf. Die schmalbandige Absorption im nahen Infrarot kann maschinell durch Beleuchtung des Merkmalsbereichs mit Infrarotstrahlung und Aufnahme der reflektierten Strahlung mit einem geeigneten Detektor, wie etwa einem Siliziumdetetektor, leicht nachgewiesen werden.

[0037] Der Merkmalsbereich kann erfindungsgemäß insbesondere in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen ausgebildet sein, wie in Fig. 1 dargestellt. Fig. 3 zeigt dazu einen Querschnitt durch ein Wertdokument 40 mit einem Merkmalsbereich 42, der ein in Form eines Musters, von Zeichen oder einer Codierung aufgedrucktes photonisches Bandlückenmaterial 44 enthält. Der Merkmalsbereich 42 kann mit weiteren Druck- oder Funktionsschichten 46, 48 kombiniert sein, die oberhalb und/oder unterhalb des Merkmalsbereichs auf das Wertdokumentsubstrat aufgebracht sind.

[0038] Auch hier kann das Material mit photonischer Bandlücke 44 so gewählt sein, dass es im sichtbaren Spektralbereich farblos ist oder eine weiße Körperfarbe aufweist und nur im Infraroten schmalbandig absorbiert. Durch die Kombination mit weiteren Druck- oder Funktionsschichten 46, 48 lassen sich so maschinenlesbare, äußerst brillante Farbtöne auf dem Wertdokument 40 realisieren, die aufgrund der spezifischen IR-Absorptionseigenschaften des photonischen Bandlückenmaterials 44 kaum fälschbar sind.

[0039] Nach anderen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann sich der Merkmalsbereich auch im Inneren eines Wertdokumentsubstrats befinden, wie in Fig. 4 gezeigt. Das dort dargestellte Wertdokument 50 enthält eine Sicherheitsfolie 52, in deren Volumen in einem Merkmalsbereich 54 ein photonisches Bandlückenmaterial 56 eingebracht ist, das wiederum auf eine schmalbandige Absorption im nahen Infrarot ausgelegt ist. Die so mit einem Echtheitsmerkmal versehene Sicherheitsfolie 52 wird dann in üblicher Weise mit weiteren Druck- und/oder Funktionsschichen 58 kombiniert. Besonders vorteilhaft ist die Körperfarbe des Bandlückenmaterials 56 durch die Wahl der Bandlücke und der Defektstruktur auf die Körperfarbe der Sicherheitsfolie 52 abgestimmt, so dass der Merkmalsbereich 54 visuell nicht in Erscheinung tritt. Auch die Druck- oder Funktionsschichen 58 können auf die optischen Eigenschaften des Bandlük-

kenmaterials 56 abgestimmt sein, um beispielsweise eine Erfassung der IR-Absorption des Bandlückenmaterials 56 von der Oberseite des Wertdokuments 50 her zu ermöglichen.

[0040] Die Bandlücke und die Defektstruktur des photonischen Bandlückenmaterials können in anderen Ausführungsbeispielen auch so eingestellt sein, dass es einen UV-reflektierenden Merkmalsbereich auf einem UV-absorbierenden Untergrund, wie etwa einem nicht aufgehellten Papier bildet. Auch in diesem Fall kann der Merkmalsbereich im sichtbaren Spektralbereich unsichtbar sein.

[0041] In weiteren Ausführungsbeispielen kann das photonische Bandlückenmaterial als UV-absorbierender Merkmalsbereich beispielsweise zum Schutz von nicht lichtechten Materialien eingesetzt werden. Dazu wird das farblose Material vollflächig über den zu schützenden Bereich aufgebracht, beispielsweise als Schutzlack in pigmentierter Form oder vollflächig als polymere Deckschicht.

[0042] Wird das photonische Bandlückenmaterial in weiteren Ausführungsbeispielen so eingestellt, dass es selektiv Licht aus dem sichtbaren Spektralbereich reflektiert, so erhält man optisch variable Systeme, die bei Änderung des Betrachtungswinkels die Farbe wechseln.

[0043] In weiteren Gestaltungen können besonders eindrucksvolle Effekte durch eine lokale Verformung des photonischen Bandlückenmaterials erzeugt werden, da eine solche Verformung die Bandlücke und damit auch die optischen Eigenschaften des Materials verändern kann. Fig. 5 zeigt zur Illustration den Merkmalsbereich 60 eines Wertdokuments, das in einem unverformten Teilbereich 62 ein photonisches Bandlückenmaterial in Form sphärischer Nanopartikel 64 enthält. Entsprechend der gewählten Bandlücke weist das photonische Bandlückenmaterial in dem unverformten Teilbereich 62 eine Reflexionswellenlänge λ_1 auf, die im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Spektralbereich liegen kann.

[0044] In einem zweiten Teilbereich 66 ist durch eine Blindverprägung, also durch lokale Ausübung eines erheblichen Drucks, die Ordnung der periodischen Nanopartikel-Strukturen dauerhaft verändert worden. Durch die Verprägung sind die Nanopartikel 68 beispielsweise deformiert und/oder mit geändertem Zwischenabstand angeordnet, wie in Fig. 5 schematisch dargestellt. Die veränderte Ordnung der Nanopartikel 68 bewirkt eine Veränderung der photonischen Bandlücke und damit auch eine Änderung der Reflexionseigenschaften des Materials, so dass das photonische Bandlückenmaterial in den verformten Teilbereichen 66 eine von λ_1 verschiedene Reflexionswellenlänge λ_2 aufweist.

[0045] Die Verformung durch Blindprägung kann mit sehr hoher Genauigkeit ausgeführt werden, so dass sich auf diese Weise detailreiche Farbschnitte höchster Auflösung erzeugen lassen. Werden IR-absorbierende Nanopartikel 64 eingesetzt, so kann die Wellenlänge der schmalbandigen IR-Absorption durch die Verformung aus dem Empfindlichkeitsbereich des gewählten IR-Detektors oder aus dem Durchlassbereich eines geeignet gewählten Filters herausgeschoben werden. Auf diese Weise kann ein extrem feiner IR-Schnitt erzeugt werden, der mit entsprechenden Sensoren maschinell erfasst werden kann.

[0046] Bei dem weiteren Ausführungsbeispiel der Fig. 6 ist das photonische Bandlückenmaterial in Form sphärischer Nanopartikel 70 in eine reversibel verformbare Matrix 72 eingebettet, beispielsweise in ein Gel, einen weichen Lack oder eine weiche Farbe. In dem in Fig. 6 in der linken Bildhälfte dargestellten Normalzustand weist das photonische Bandlückenmaterial entsprechend der gewählten Bandlücke eine Reflexionswellenlänge λ_1 auf, die im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Spektralbereich liegen kann.

[0047] Durch Ausübung von Druck 74 auf die Anordnung verändert sich die Form und/ oder die Anordnung der sphärischen Nanopartikel, wie in der rechten Bildhälfte der Fig. 6 dargestellt. Mit der Form und Anordnung ändert sich auch die Bandlücke und damit die Reflexionswellenlänge des Materials, so dass durch die Ausübung von Druck 74 eine Verschiebung der Reflexionswellenlänge auf einen von λ_1 verschiedenen Wert λ_2 erreicht werden kann. Nach Entlastung 76 der Anordnung stellt die reversibel verformbare Matrix 72 den Ausgangszustand und damit die ursprüngliche Reflexionswellenlänge λ_1 wieder her. Der Merkmalsbereich mit dem photonischen Bandlückenmaterial zeigt daher piezochromes, optisch variables Verhalten, das von einem Benutzer zur Echtheitsprüfung interaktiv ausgelöst werden kann.

[0048] Anstatt eine reversibel verformbare Matrix zur Einbettung des aktiven Materials zu verwenden, kann auch ein Material mit photonischer Bandlücke eingesetzt werden, das selbst reversibel verformbar ist, wie in Fig. 7 gezeigt. In der linken Bildhälfte der Fig. 7 ist dabei der Ausgangszustand mit sphärischen, gummielastischen Nanopartikeln 80 dargestellt, in dem der Merkmalsbereich entsprechend der gewählten Bandlücke eine Reflexionswellenlänge λ_1 aufweist. Durch Ausübung von Druck 82 auf die Anordnung verändern sich Form und/ oder Anordnung der Nanopartikel 80, so dass sich die Reflexionswellenlänge des Materials auf einen Wert λ_2 verschiebt. Bei Entlastung 84 stellt die Rückstellkraft der gummielastischen Nanopartikel 80 den Ausgangszustand und damit die ursprüngliche Reflexionswellenlänge λ_1 des Merkmalsbereichs wieder her.

[0049] Es versteht sich, dass die beschriebenen Verformungen nicht nur durch Druck, sondern auch durch andere externe Stimuli, wie etwa Temperatur, elektrische Spannung, Magnetismus, Licht oder Schall, erzeugt werden können. Beispielsweise kann beim Ausführungsbeispiel der Fig. 6 auch eine Einbettungsmatrix mit einem hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten verwendet werden, so dass sich der Abstand der Nanopartikel 70 mit der Temperatur verändert. Beispielsweise ist eine Einbettung in thermoaktive Hydrogele möglich.

[0050] Bei dem in Fig. 8 gezeigten Ausführungsbei-

spiel bilden die sphärischen Nanopartikel 90 Schalen für ein funktionelles System. Füllt man diese Schalen beispielsweise mit thermochromen Leukofarbstoffsystemen 92 oder thermochromen Flüssigkristallen, so erhält man ein thermochromes, optisch variables System, dessen Reflexionswellenlänge λ_1 bzw. λ_2 sich mit der Temperatur 94 ändert. Wie durch den Doppelpfeil 94 in Fig. 8 angedeutet, ist auch diese Farbänderung bei Rückkehr zur Ausgangstemperatur reversibel, so dass ein thermochromes, optisch variables System entsteht.

[0051] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 9 gezeigt. Die Banknote 100 ist mit einem Sicherheitselement 102 versehen, das ein Durchgangsloch 103, einen Aufdruck 104 auf dem Banknotensubstrat 101, eine das Durchgangsloch 103 und den Aufdruck 104 überdeckende Folie 105 und einen erfindungsgemäßen Merkmalsbereich 106 mit einem photonischen Bandlückenmaterial umfasst.

[0052] Auf das Banknotensubstrat 101 ist zunächst der Aufdruck 104 mit einer zum Substrat kontrastierenden Farbe aufgedruckt, wobei ein im Banknotendruck übliches Verfahren, wie etwa Offsetdruck oder Nyloprint, zum Einsatz kommen kann. Anschließend wird passgenau zum Aufdruck 104 das mehrteilige Durchgangsloch 103 aus dem Substrat ausgestanzt, so dass die entstehenden Aussparungen zusammen mit Teilen des Aufdrucks 104 eine gewünschte Information, vorliegend die Ziffernfolge "20", darstellen. Wie in Fig. 9 zu erkennen, umschließt der Aufdruck 104 einerseits die Information "20" vollflächig und trägt gleichzeitig mit einzelnen Bestandteilen zur Darstellung der Information bei. Nicht bedruckt ist ein Bereich 104' unmittelbar angrenzend an die Information "20". Dieser Bereich 104' bildet dadurch eine Negativkontur zur dargestellten Information.

[0053] Die transparente Folie 105 ist als ein sich über die gesamte Banknotenbreite erstreckender Folienstreifen aufgebracht. Ohne Berücksichtigung des Merkmalsbereichs 106 ist die Information "20" besonders deutlich sichtbar, wenn die Banknote 100 vor einem dunklen Hintergrund betrachtet wird, da sich dann die gedruckten Teile 104 der Information mit dem durch das Durchgangsloch 103 sichtbaren Hintergrund zur Information "20" ergänzen. Aufgrund der Negativkontur 104' ist die Information allerdings auch vor einem hellen Hintergrund erkennbar, wenn auch mit geringerem Kontrast.

[0054] Erfindungsgemäß ist der Merkmalsbereich 106 über der Information "20" aufgebracht. Die Eigenschaften des photonischen Bandlückenmaterials sind dabei so eingestellt, dass der Merkmalsbereich 106 in einem Ausgangszustand die Sicht auf die darunterliegende Information "20" behindert, beispielsweise indem er im relevanten Wellenlängenbereich opak erscheint. Durch einen geeigneten Stimulus wird die Bandlücke des Materials im Merkmalsbereich und damit die optischen Eigenschaften des Merkmalsbereichs 106 verändert, so dass der Blick auf die Information "20" freigegeben wird. Die Stimulation des Merkmalsbereichs kann dabei beispielsweise durch Ausübung von Druck, eine Änderung der Temperatur oder einen anderen externen Stimulus erfolgen.

[0055] Das Substrat 101 weist weiter einen Untergrunddruck 107 auf, der im Ausführungsbeispiel durch bogenförmige Linien angedeutet und typischerweise als Guillochenmuster in Form eines verschlungenen Linienmusters realisiert ist. Der Aufdruck 104 und der Untergrunddruck 107 können im selben Arbeitsgang erzeugt werden, beispielsweise im Offsetdruck oder Nyloprint. Die Folie 105 kann ihrerseits zum Untergrunddruck 107 korrespondierende Linienmuster 108 aufweisen, wobei auf eine registergenaue Applikation der Folie 105 zu achten ist, so dass sich die Muster 107 und 108 passgenau ergänzen bzw. überdecken. Die Linienmuster 107 der Folie 105 können insbesondere als Metallisierung ausgebildet sein und damit einerseits die Komplexität und Fälschungssicherheit der Anordnung weiter erhöhen, andererseits eine einfache optische Überprüfungsmöglichkeit der passgenauen Applikation der Folie 105 bereitstellen.

[0056] Das photonische Bandlückenmaterial kann in verschiedenen Aggregationsformen auf- bzw. eingebracht werden. Eine besonders einfache Möglichkeit stellt das Aufbringen eines Dispersionslacks dar, der das photonische Bandlückenmaterial enthält. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere zum Aufbringen auf Substrate mit geringer Oberflächenrauigkeit, so dass hier insbesondere Folien als Träger infrage kommen.

[0057] Die Pigmentherstellung kann dabei zum einen auf einem direkten Abplatzen der Pigmente von einer Folie beruhen. Alternativ kann eine Folie mit einem Lack beschichtet werden, der ein Ablösen der Pigmente fördert oder der selbst in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst werden kann, ohne die herzustellenden Pigmente zu zerstören. Bei dem Lösungsmittel kann es sich insbesondere auch um Wasser handeln.

Patentansprüche

1. Sicherheitselement für Sicherheitspapiere, Wertdokumente und dergleichen mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich ein Material mit photonischer Bandlükke enthält.

2. Sicherheitselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung in einem schmalen Spektralbereich selektiv absorbiert.

3. Sicherheitselement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der schmale Spektralbereich selektiver Absorption im nahen Infrarot, bevorzugt im Bereich zwischen 800 nm und 1500 nm, besonders bevorzugt im Bereich zwischen 800 nm und 1000 nm liegt.

4. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung im ultravioletten Spektralbereich selektiv absorbiert.

5. Sicherheitselement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv reflektiert.

6. Sicherheitselement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spektralbereich selektiver Reflexion im ultravioletten Spektralbereich liegt.

7. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich im sichtbaren Spektralbereich farblos ist.

8. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich im sichtbaren Spektralbereich eine weiße Körperfarbe aufweist.

9. Sicherheitselement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spektralbereich selektiver Reflexion im sichtbaren Spektralbereich liegt.

10. Sicherheitselement nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich eine optisch variable Schicht bildet, die dem Betrachter unter unterschiedlichen Betrachtungswinkeln unterschiedliche Farbeindrücke vermittelt.

11. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in Form von Mustern, Zeichen oder Codierungen vorliegt.

12. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in Teilbereichen verformt, insbesondere verprägt ist, um Bereiche mit unterschiedlicher selektiver Beeinflussung der einfallenden elektromagnetischen Strahlung zu schaffen.

13. Sicherheitselement nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in den nicht verformten Teilbereichen Licht einer ersten Wellenlänge selektiv reflektiert und in den verformten Teilbereichen Licht einer zweiten, unterschiedlichen Wellenlänge selektiv reflektiert.

14. Sicherheitselement nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in den nicht verformten Teilbereichen Licht einer ersten Wellenlänge selektiv absorbiert und in den verformten Teilbereichen Licht einer zweiten, unterschiedlichen Wellenlänge selektiv absorbiert.

15. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material mit photonischer Bandlücke in eine reversibel verformbare Matrix eingebracht ist.

16. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material mit photonischer Bandlücke selbst reversibel verformbar ist.

17. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material mit photonischer Bandlücke durch im unverformten Zustand sphärische Nanopartikel gebildet ist.

18. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material mit photonischer Bandlücke eine inverse Opalstruktur mit luftgefüllten Löchern aufweist.

19. Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material mit photonischer Bandlücke eine Schale für ein funktionelles System, wie etwa einen thermochromen Leukofarbstoff oder thermochrome Flüssigkristalle, bildet.

20. Sicherheitspapier oder -folie für die Herstellung von Sicherheits- oder Wertdokumenten mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich ein Material mit photonischer Bandlücke enthält.

21. Sicherheitspapier oder -folie nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 19 ausgebildet ist.

22. Sicherheitspapier oder -folie nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich im Inneren des Sicherheitspapiers vorliegt.

23. Sicherheitspapier oder -folie nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in einer auf das Sicherheitspapier oder die Sicherheitsfolie aufgebrachten Schicht, insbesondere in einer aufgedruckten Druckschicht, vorliegt.

24. Sicherheitspapier oder -folie nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in einem in das Sicherheitspapier oder die Sicherheitsfolie eingebrachten oder aufgebrachten separaten Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19 vorliegt.

25. Datenträger, insbesondere Wertdokument wie Banknote, Ausweiskarte oder dergleichen, mit einem einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich ein Material mit photonischer Bandlücke enthält.

26. Datenträger nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 19 ausgebildet ist.

27. Datenträger nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich im Inneren des Datenträgers vorliegt.

28. Datenträger nach Anspruch 25 oder 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in einer auf den Datenträger aufgebrachten Schicht, insbesondere in einer aufgedruckten Druckschicht vorliegt.

29. Datenträger nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in einem in den Datenträger eingebrachten oder aufgebrachten separaten Sicherheitselement nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 19 vorliegt.

30. Datenträger nach Anspruch 25, 26, 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich zumindest teilweise über einer auf dem Datenträger aufgebrachten Information angeordnet ist.

31. Datenträger nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich in einem ersten Zustand die Sicht auf die darunterliegende Information behindert, und durch Stimulation mit einem externen Stimulus, wie etwa Druck, Temperatur, elektrische Spannung, Magnetismus, Licht oder Schall, in einen zweiten Zustand überführt wird, in dem er die Sicht auf die darunterliegende Information freigibt.

32. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals eines Sicherheitselements, eines Sicherheitspapiers, einer Sicherheitsfolie oder eines Datenträgers, bei dem ein Merkmalsbereich mit einem Material mit photonischer Bandlücke versehen wird, um einen einfallende elektromagnetische Strahlung selektiv beeinflussenden Merkmalsbereich zu schaffen.

33. Verfahren nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich durch Aufdrucken einer photonisches Bandlückenmaterial enthaltenden Druckfarbe erzeugt wird.

34. Verfahren nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich durch Aufdrucken einer Druckfarbe erzeugt wird, die Interferenzpigmente aus photonischem Bandlückenmaterial enthält.

35. Verfahren nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Merkmalsbereich durch Einbringen von photonischem Bandlückenmaterial in das Volumen eines Substrats erzeugt wird.

36. Verwendung eines Sicherheitselements nach einem der Ansprüche 1 bis 19, eines Sicherheitspapiers oder einer Sicherheitsfolie nach einem der Ansprüche 20 bis 24 oder eines Wertdokuments nach einem der Ansprüche 25 bis 31 zur Absicherung von Gegenständen beliebiger Art.

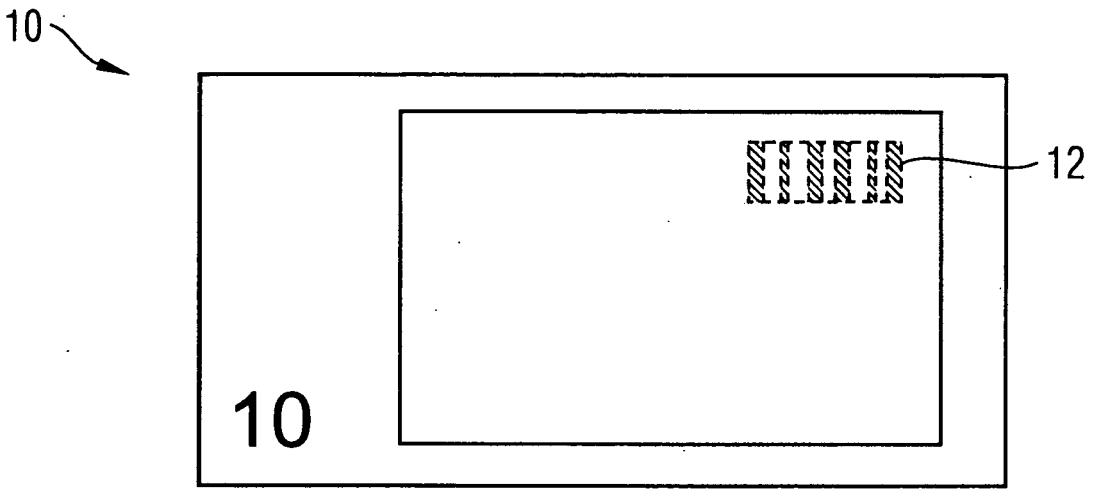


Fig. 1

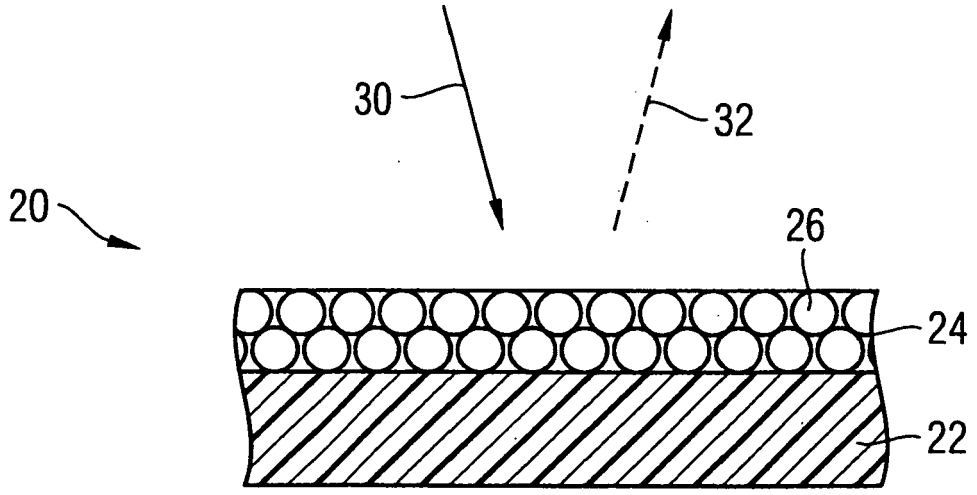


Fig. 2

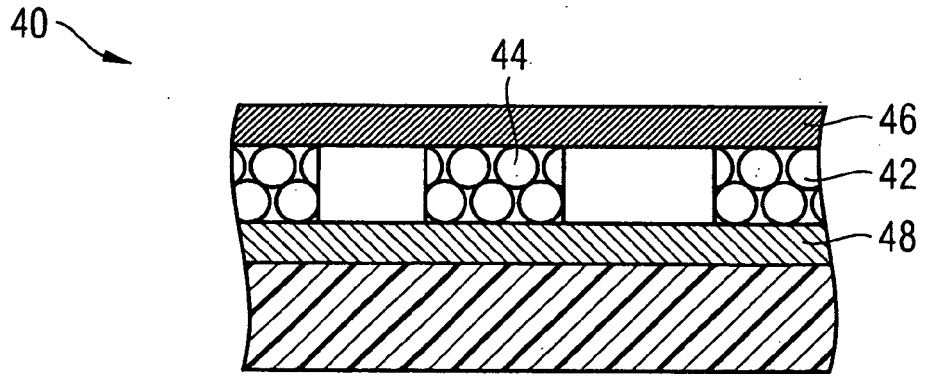


Fig. 3

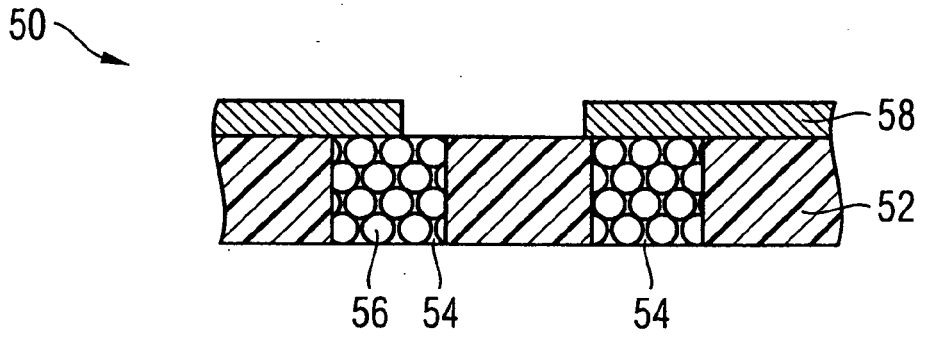


Fig. 4

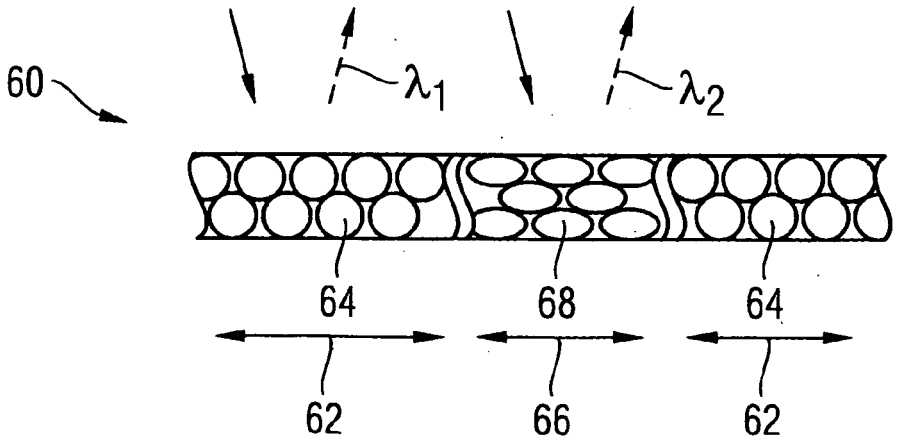


Fig. 5

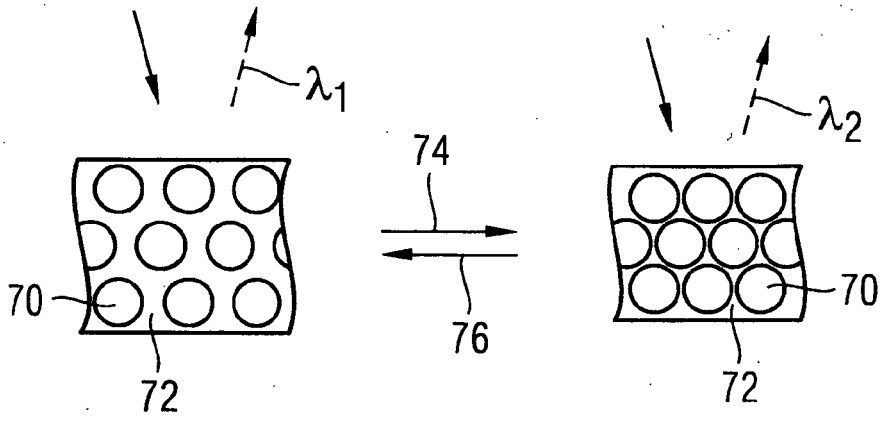


Fig. 6

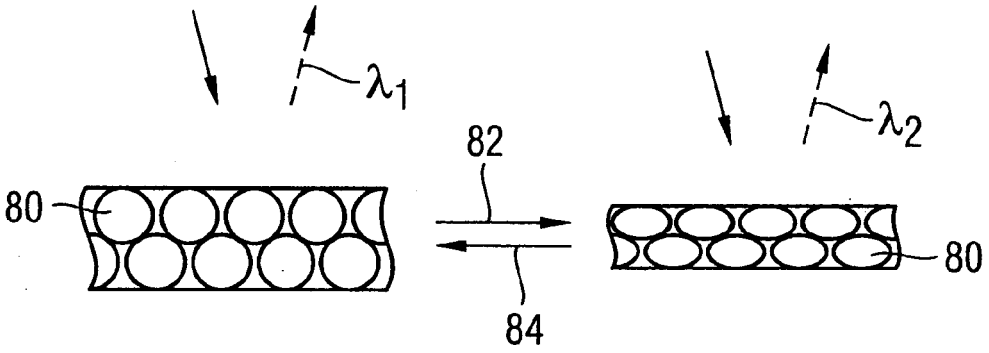


Fig. 7

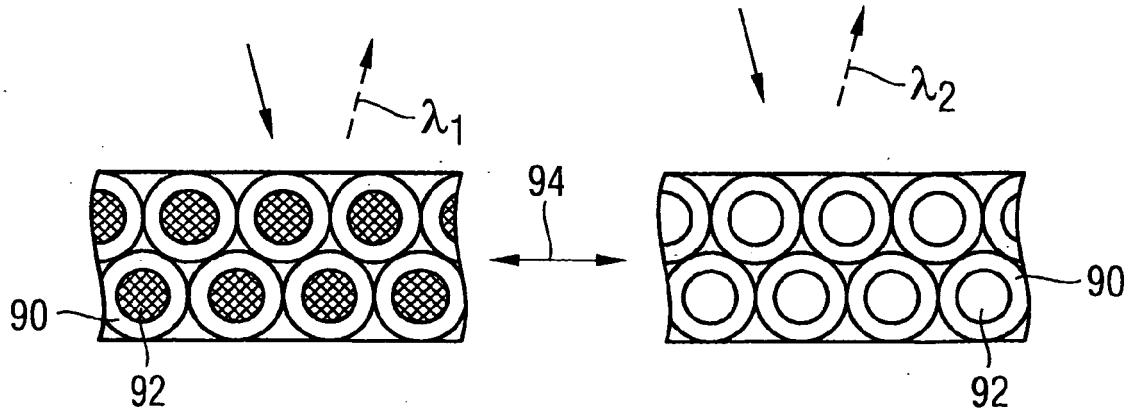


Fig. 8

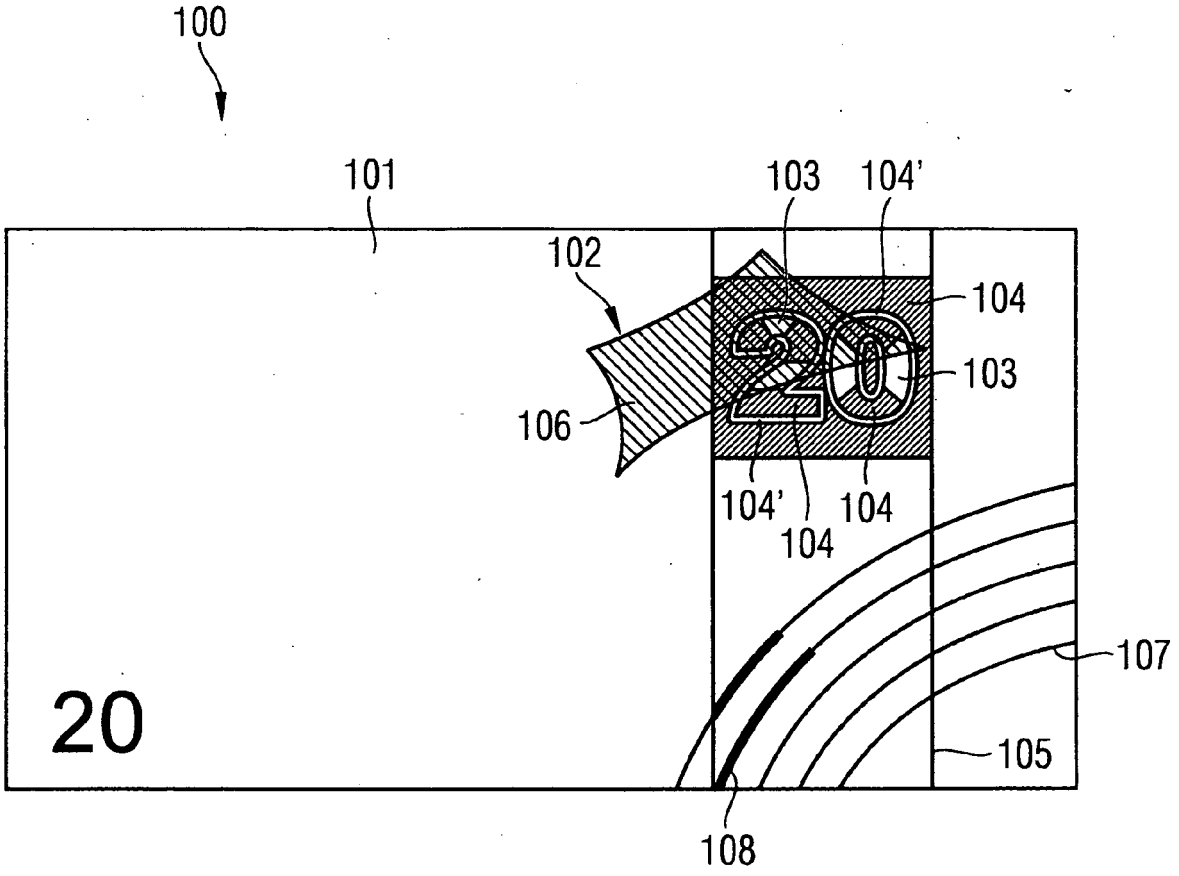


Fig. 9

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 Nicht-Patentliteratur

- Photonic Crystals - Advances in Design, Fabrication, and Characterization. Wiley-VCH, 2004, 109-131153-173 **[0007]**