



(10) **DE 10 2009 056 933 A1** 2011.06.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 056 933.2**

(22) Anmeldetag: **04.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **09.06.2011**

(51) Int Cl.: **B44F 1/12 (2006.01)**

**B42D 15/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

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

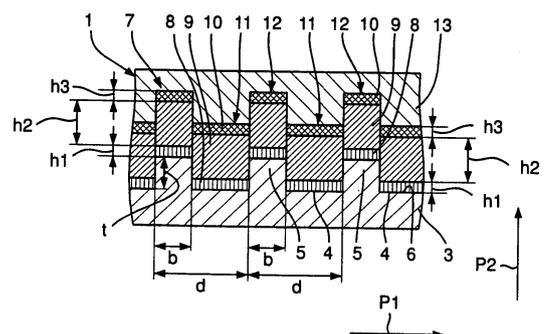
(72) Erfinder:

**Lochbihler, Hans, Dr., 80333 München, DE**

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

(54) Bezeichnung: **Sicherheitselement mit Farbfilter, Wertdokument mit so einem solchen Sicherheitselement sowie Herstellungsverfahren eines solchen Sicherheitselementes**

(57) Zusammenfassung: Es wird bereitgestellt ein Sicherheitselement (1) für Sicherheitselemente, Wertdokumente oder dgl., mit einem Träger (3), dessen Oberseite (6) höhenmoduliert ist, und mit einer als Farbfilter wirkenden Mehrschichtstruktur (7), die auf der höhenmodulierten Oberseite (6) ausgebildet und dadurch ebenfalls höhenmoduliert ist und die eine erste Schicht (8), eine darauf gebildete zweite Schicht (9) aus dielektrischem Material sowie eine auf der zweiten Schicht (9) ausgebildete dritte Schicht (10) umfasst, wobei die erste und dritte Schicht (8, 10) jeweils aus einem dielektrischen Material mit höherer Brechzahl als die der zweiten Schicht (9) oder jeweils aus einem metallischen Material ausgebildet sind



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement mit einem Farbfilter, ein Wertdokument mit einem solchen Sicherheitselement sowie ein Herstellungsverfahren eines solchen Sicherheitselementes.

**[0002]** Zu schützende Gegenstände werden häufig mit einem Sicherheitselement ausgestattet, dass eine Überprüfung der Echtheit des Gegenstandes erlaubt und zugleich als Schutz vor unerlaubter Reproduktion dient.

**[0003]** Zu schützende Gegenstände sind beispielsweise Sicherheitspapiere, Ausweis- und Wertdokumente (wie z. B. Banknoten, Chipkarten, Passe, Identifikationskarten, Ausweiskarten, Aktien, Anleihen, Urkunden, Gutscheine, Schecks, Eintrittskarten, Kreditkarten, Gesundheitskarten, etc.) sowie Produktsicherungsselemente, wie z. B. Etiketten, Siegel, Verpackungen, etc.

**[0004]** Für solche Sicherheitselemente sind unterschiedliche Strukturen bekannt, um farbbeeinflussende Wirkung zu erzielen. So können Interferenzfilter, dünne semitransparente Metallschichten mit selektiver Transmission durch Plasmaresonanzeffekte, Nanopartikel, mikroperforierte Metallfolien und Drahtgitter, photonische Kristalle, metallische Gitter unter Anregung von Oberflächenplasmon-Polaritonen, Drahtgitter unter Ausnutzung der Resonanz in TE-Polarisation und metallisch schräg bedampfte Subwellenlängengitter, sogenannte Z-Gitter verwendet werden.

**[0005]** Die Erzeugung von feinstrukturierten mehrfarbigen Motiven ist bisher jedoch nur für die Z-Gitter bekannt. Hierzu ist es notwendig, mindestens einen Strukturparameter lateral innerhalb des Motivbereiches zu variieren, um so an den Sollpositionen die gewünschte Farbe zu erzeugen. Die Farberzeugung durch Z-Gitter eignet sich gut in Transmission. In Reflexion ist der Farbkontrast jedoch nur wenig ausgeprägt und es kann nur ein relativ kleiner Bereich des Farbraums wiedergegeben werden.

**[0006]** Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Sicherheitselement mit einem Farbfilter vorzusehen, mit dem ein möglichst großer Bereich des Farbraums abgedeckt werden kann und das sowohl für Reflexion als auch Transmission geeignet ist.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch ein Sicherheitselement für Sicherheitselemente, Wertdokumente oder dgl., mit einem Träger, dessen Oberseite höhenmoduliert ist, und mit einer als Farbfilter wirkenden Mehrschichtstruktur, die auf der höhenmodulierten Oberseite ausgebildet und dadurch ebenfalls höhenmoduliert ist und die eine erste Schicht, eine darauf gebildete zweite Schicht aus dielektrischem Material sowie eine auf der zweiten

Schicht ausgebildete dritte Schicht umfasst, wobei die erste und dritte Schicht jeweils aus einem dielektrischen Material mit höherer Brechzahl als die der zweiten Schicht oder jeweils aus einem metallischen Material ausgebildet sind.

**[0008]** Mit einem solchen Sicherheitselement sind sowohl in Reflexion als auch in Transmission gute Ergebnisse erzielbar. Insbesondere kann ein relativ großer Farbraum abgedeckt werden.

**[0009]** Als metallisches Material können Metalle, wie z. B. Aluminium, Gold, Silber, Kupfer, Palladium, Chrom, Nickel und/oder Wolfram sowie deren Legierungen eingesetzt werden. Als dielektrisches Material kann z. B. ZnS, SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> verwendet werden. Der Träger kann einen strahlungshärtenden Lack (beispielsweise ein UV-Lack) aufweisen, dessen Oberseite höhenmoduliert ist. Der Lack kann auf einer transparenten Trägerfolie (beispielsweise einer PET-Folie) vorliegen. Insbesondere kann der Träger ein UV-härtendes anorganisch-organisches Hybridpolymer umfassen, das beispielsweise unter dem Markennamen Ormocer vertrieben wird.

**[0010]** Bei dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement kann die Höhenmodulation der Oberseite sowie der Mehrschichtstruktur in einer ersten Richtung periodisch sein. Es ist auch möglich, dass die Höhenmodulation zusätzlich noch in einer zweiten Richtung periodisch ist. So können beispielsweise zylinderförmige Vertiefungen periodisch in zwei Dimensionen vorliegen (ähnlich einer Lochstruktur). Insbesondere ist die Gitterperiode kleiner als die größte Wellenlänge des Bereiches der elektromagnetischen Strahlung, für den das Sicherheitselement ausgelegt ist. Hierbei ist der Brechungsindex des umgebenden Materials zu berücksichtigen, der für die oben erwähnten Lacke und Folien zwischen 1,4 und 1,75 liegt. Bevorzugt ist das Sicherheitselement für sichtbares Licht ausgelegt, so dass die Gitterperiode bevorzugt kleiner als 400 nm ist. So kann die Gitterperiode beispielsweise 330 nm betragen.

**[0011]** Das Gitterprofil ist bevorzugt rechteckig. Das Gitterprofil kann aber auch Abweichungen von der Rechteckform aufweisen, d. h. Rechteck-ähnlich sein. Zum Beispiel kann das Gitterprofil in Trapezform oder in Form eines Rechtecks mit einem abgerundeten Plateau vorliegen oder eine Sinusform annehmen.

**[0012]** Ein Gitterprofil in Rechteckform lässt sich besonders leicht herstellen.

**[0013]** Die Modulationstiefe der höhenmodulierten Mehrschichtstruktur kann lateral variiert werden. Dadurch können unterschiedliche Farben (in Reflexion und/oder Transmission) eingestellt werden. Ferner kann zur Einstellung gewünschter Farben auch die

Gitterperiode und/oder das Gitterprofil lateral variiert sein.

**[0014]** Des Weiteren ist es möglich, in der zweiten Schicht metallische Nanopartikel einzubringen, um gewünschte Farbeffekte zu erreichen. Durch eine laterale Variation der Verteilung der Nanopartikel kann wiederum die Farbfilterwirkung lateral variiert werden.

**[0015]** Auch die Modulationstiefe der höhenmodulierten Mehrschichtstruktur kann lateral variiert werden, um die Farbfilterwirkung zu beeinflussen.

**[0016]** Ferner kann auch die Schichtdicke der zweiten Schicht lateral variiert werden, um die Farbwirkung bestimmungsgemäß zu variieren.

**[0017]** Die Schichtdicken der ersten und dritten Schicht können gleich sein. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schichtdicken der ersten und dritten Schicht verschieden sind. Ferner können für die erste und dritte Schicht jeweils das gleiche Material oder auch unterschiedliche Materialien eingesetzt werden.

**[0018]** Die Modulationstiefe kann insbesondere auch so variiert werden, dass Abschnitte der ersten Schicht und Abschnitte der dritten Schicht eine durchgehende Schicht bilden. In diesem Fall können besonders gute Farbfilterwirkungen erreicht werden. Insbesondere können die Abmessungen so gewählt werden, dass Resonanzen im sichtbaren Wellenlängenbereich auftreten.

**[0019]** Ferner wurde festgestellt, dass das erfindungsgemäße Sicherheitselement mit seiner Mehrschichtstruktur polarisationsabhängige Farbfilterwirkungen aufweist. Die Mehrschichtstruktur kann somit so ausgebildet werden, dass sie eine polarisationsabhängige Farbfilterwirkung aufweist. Dies kann zu weiteren Echtheitsprüfungen eingesetzt werden. So können mittels einer polarisierten Beleuchtung und/oder durch Betrachtung durch einen Polarisator unterschiedliche Farbfiltereffekte erreicht werden.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Sicherheitselement ist bevorzugt so ausgebildet, dass die Mehrschichtstruktur, in Draufsicht gesehen, zusammenhängend ist. Dies gilt auch für die einzelnen Schichten des Sicherheitselementes. Das Sicherheitselement kann somit, im Querschnitt gesehen, erste und zweite Abschnitte, die jeweils aus der ersten, zweiten und dritten Schicht aufgebaut sind, aufweisen, die zueinander in Höhenrichtung versetzt angeordnet sind.

**[0021]** Das erfindungsgemäße Sicherheitselement kann mehr als drei Schichten aufweisen. Insbesondere ist die Schichtanzahl ungeradzahlig und wird im Vergleich zu dem Dreischicht-Aufbau um  $n$  mal mit einer vierten und fünften Schicht ergänzt, wobei  $n$  ei-

ne ganze Zahl größer als null ist. Die vierte Schicht ist eine dielektrische Schicht und die fünfte Schicht ist in gleicher Weise wie die erste und dritte Schicht entweder eine dielektrische Schicht mit höherer Brechzahl als die zweite und vierte Schicht oder eine metallische Schicht. Bevorzugt ist ein Fünfschicht-Aufbau, mit dem auch Farben dargestellt werden können, die außerhalb des herkömmlichen Farbdreiecks liegen.

**[0022]** Natürlich ist es möglich, dass das Sicherheitselement abschnittsweise eine erste Mehrschichtstruktur mit drei Schichten und eine zweite Mehrschichtstruktur mit mehr als drei Schichten (beispielsweise fünf Schichten) aufweist, um dadurch lokal unterschiedliche Farben zu erzeugen. Es können somit auch die Anzahl der Schichten lateral variiert werden, um die gewünschten Farben bei Reflexion und/oder Transmission zu erzeugen.

**[0023]** Das erfindungsgemäße Sicherheitselement kann als reflektiver und/oder transmissiver Farbfilter ausgebildet sein.

**[0024]** Ferner wird ein Wertdokument mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement bereitgestellt.

**[0025]** Das erfindungsgemäße Wertdokument kann einen Polarisator aufweisen. Dieser kann beispielsweise zur Betrachtung des Sicherheitselementes bei einem anderen Wertdokument verwendet werden. Ferner kann der Polarisator so in das Wertdokument relativ zum Sicherheitselement integriert sein, dass beispielsweise durch Biegen, Knicken oder Falten des Wertdokumentes der Polarisator so vor dem Sicherheitselement des Wertdokumentes positioniert werden kann, dass das Sicherheitselement durch den Polarisator betrachtet werden kann.

**[0026]** Des Weiteren wird ein Herstellungsverfahren eines Sicherheitselementes für Sicherheitspapiere, Wertdokumente oder dgl. bereitgestellt, bei dem die Oberseite eines Trägers höhenmoduliert wird, auf die höhenmodulierte Oberseite in dieser Reihenfolge eine erste Schicht, eine zweite Schicht aus dielektrischem Material und eine dritte Schicht als Mehrschichtstruktur aufgebracht wird, die dadurch ebenfalls höhenmoduliert ist, wobei für die erste und dritte Schicht jeweils ein dielektrisches Material mit höherer Brechzahl als die der zweiten Schicht oder jeweils ein metallisches Material verwendet wird.

**[0027]** Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren kann insbesondere so weitergebildet werden, dass das erfindungsgemäße Sicherheitselement sowie die Weiterbildung des erfindungsgemäßen Sicherheitselementes hergestellt werden können.

**[0028]** Zur Erzeugung der höhenmodulierten Oberseite des Trägers können bekannte Mikrostrukturierungsverfahren eingesetzt werden, wie z. B. Prä-

geverfahren. Die Originalstruktur kann beispielsweise mit aus der Halbleiterfertigung bekannten Verfahren (Fotolithographie, Elektronenstrahlolithographie, Laserlithographie, etc.) durch eine Graustufenbelichtung und durch einem anschließenden Ätzvorgang auf einem Substrat, das mit einem Resistmaterial überzogen ist, erzeugt werden. Davon wird das Prägwerkzeug durch galvanische Abformung bzw. durch ein Nanoimprintverfahren z. B. in ETFE oder in einem anorganisch-organisches Hybridpolymer erzeugt. Solche Prägwerkzeuge können aber auch direkt in ein Substrat durch Laserablation bzw. ultrakurze Laserpulse geschrieben werden.

**[0029]** Besonders geeignet zur Herstellung großer Flächen sind die bekannten Verfahren zur Prägung in thermoplastischen Folien oder in mit strahlungshärtenden Lacken beschichteten Folien.

**[0030]** Der Träger kann mehrere Schichten aufweisen, die sukzessiv aufgebracht und gegebenenfalls strukturiert werden und/oder kann aus mehreren Teilen zusammengesetzt werden.

**[0031]** Das Sicherheitselement kann insbesondere als Sicherheitsfaden, Aufreißfaden, Sicherheitsband, Sicherheitsstreifen, Patch oder als Etikett zum Aufbringen auf ein Sicherheitspapier, Wertdokument oder dgl. ausgebildet sein. Insbesondere kann das Sicherheitselement transparente Bereiche oder Ausnehmungen überspannen.

**[0032]** Unter dem Begriff Sicherheitspapier wird hier insbesondere die noch nicht umlauffähige Vorstufe zu einem Wertdokument verstanden, die neben dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement beispielsweise auch weitere Echtheitsmerkmale (wie z. B. im Volumen vorgesehene Lumineszenzstoffe) aufweisen kann. Unter Wertdokumenten werden hier einerseits aus Sicherheitspapieren hergestellte Dokumente verstanden. Andererseits können Wertdokumente auch sonstige Dokumente und Gegenstände sein, die mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement versehen werden können, damit die Wertdokumente nicht kopierbare Echtheitsmerkmale aufweisen, wodurch eine Echtheitsprüfung möglich ist und zugleich unerwünschtes Kopieren verhindert wird.

**[0033]** Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**[0034]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielshalber anhand der beigefügten Zeichnungen, die auch erfindungswesentliche Merkmale offenbaren, noch näher erläutert. Es zeigen:

**[0035]** [Fig. 1](#) eine Draufsicht einer Banknote mit einem erfindungsgemäßen Sicherheitselement;

**[0036]** [Fig. 2](#) einen vergrößerten Abschnitt eines Teils des Schnitts entlang der Linie A-A in [Fig. 1](#);

**[0037]** [Fig. 3–Fig. 7](#) verschiedene Schnittansichten zur Erläuterung der Herstellung des Sicherheitselements **1** gemäß [Fig. 2](#);

**[0038]** [Fig. 8a–Fig. 8c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der reflektiven Farbfilterwirkung des Sicherheitselementes **1** gemäß [Fig. 2](#);

**[0039]** [Fig. 9a–Fig. 9c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der transmissiven Farbfilterwirkung des Sicherheitselementes gemäß [Fig. 2](#);

**[0040]** [Fig. 10a–Fig. 10c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der reflektiven Farbfilterwirkung eines weiteren Sicherheitselementes;

**[0041]** [Fig. 11a–Fig. 11c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der transmissiven Farbfilterwirkung des weiteren Sicherheitselementes;

**[0042]** [Fig. 12a–Fig. 12c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der reflektiven Farbfilterwirkung eines Sicherheitselementes einer noch weiteren Ausführungsform;

**[0043]** [Fig. 13a–Fig. 13c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung der transmissiven Farbfilterwirkung eines Sicherheitselementes der noch weiteren Ausführungsform;

**[0044]** [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) das Sicherheitselement gemäß [Fig. 2](#) mit anderen Modulationstiefen;

**[0045]** [Fig. 16](#) Reflexionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 1;

**[0046]** [Fig. 17](#) Transmissionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 1;

**[0047]** [Fig. 18](#) Reflexionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 2;

**[0048]** [Fig. 19](#) Transmissionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 2;

**[0049]** [Fig. 20](#) Reflexionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 3;

**[0050]** [Fig. 21](#) Transmissionsspektren des Sicherheitselementes gemäß Variante 3;

**[0051]** [Fig. 22](#) eine Darstellung zur Erläuterung der Winkelabhängigkeit der Farben bei Reflexion des Sicherheitselementes gemäß Variante 1;

[0052] [Fig. 23](#) eine Darstellung der Winkelabhängigkeit der Farben bei Reflexion des Sicherheitselementes gemäß Variante 2;

[0053] [Fig. 24a–Fig. 24c](#) Darstellung zur Erläuterung der Farbfilterwirkung bei Reflexion des Sicherheitselementes gemäß Variante 3 für unterschiedliche Einfallswinkel;

[0054] [Fig. 25a–Fig. 25c](#) Darstellung zur Erläuterung der polarisationsabhängigen Farbfilterwirkung bei Reflexion des Sicherheitselementes gemäß Variante 3;

[0055] [Fig. 26a–Fig. 26c](#) Darstellung zur Erläuterung der polarisationsabhängigen Farbfiltereffekte bei Transmission des Sicherheitselementes gemäß Variante 3;

[0056] [Fig. 27–Fig. 30](#) Darstellungen einer Ausführungsform des Sicherheitselementes mit einer Mehrschichtstruktur aus fünf Schichten mit unterschiedlichen Modulationstiefen;

[0057] [Fig. 31a–Fig. 31c](#) verschiedene Darstellungen zur Erläuterung des Reflexionsverhaltens eines Sicherheitselementes mit einer Mehrschichtstruktur mit fünf Schichten, und

[0058] [Fig. 32](#) eine Darstellung der reflektiven Filterwirkung eines Sicherheitselementes mit einer rein dielektrischen Mehrschichtstruktur mit fünf Schichten.

[0059] Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform ist das erfindungsgemäße Sicherheitselement **1** so in einer Banknote **2** integriert, dass das Sicherheitselement **1** von der in [Fig. 1](#) gezeigten Vorderseite der Banknote **2** als auch von der Rückseite der Banknote **2** sichtbar ist.

[0060] Wie in der Schnittdarstellung in [Fig. 2](#) zu entnehmen ist, die vergrößert einen Teil des Sicherheitselementes **1** entlang der Schnittlinie A-A von [Fig. 1](#) zeigt, umfasst das Sicherheitselement **1** einen Träger **3**, in dessen Oberseite **6** in einer ersten Richtung P1 periodisch angeordnete Gräben **4** mit einer Grabentiefe  $t$  ausgebildet sind. Die Gräben **4** sind jeweils um den Abstand  $b$  (hier  $b = 130$  nm) voneinander beabstandet, so dass zwischen den Gräben **4** jeweils ein Steg **5** vorhanden ist. Die gesamte Ausdehnung eines Grabens **4** und eines Stegs **5** in der ersten Richtung P1 beträgt  $d$  (hier  $d = 330$  nm).

[0061] Die Darstellung in [Fig. 2](#) sowie in den nachfolgenden Figuren ist nicht maßstabgetreu, sondern gemäß der besseren Darstellbarkeit entsprechend gewählt.

[0062] Die Oberseite des Trägers **3** ist somit höhenmoduliert (aufgrund der abwechselnd angeordneten Gräben **4** und Stege **5**) und kann in der ersten Richtung P1 als Gitter mit einer Gitterperiode  $d$  bezeichnet werden, wobei in dem beschriebenen Ausführungsbeispiel das Gitter als Rechteck-Gitter ausgebildet ist.

[0063] Auf der höhenmodulierten Oberseite **6** des Trägers **3** ist eine als Farbfilter wirkende Mehrschichtstruktur **7** mit einer ersten Schicht **8**, einer zweiten Schicht **9** sowie einer dritten Schicht **10**, die in dieser Reihenfolge aufeinander liegen, ausgebildet. Die erste und dritte Schicht **8**, **10** sind jeweils als 20 nm dicke, semitransparente Silberschicht ausgebildet (somit ist  $h_1 = h_3 = 20$  nm). Die dazwischenliegende zweite Schicht ist als  $\text{SiO}_2$ -Schicht mit einer Schichtdicke von  $h_2 = 150$  nm und einer Brechzahl von  $n \approx 1,5$  gebildet.

[0064] Aufgrund der höhenmodulierten Oberseite **6** weist die Mehrschichtstruktur **7** erste Abschnitte **11**, die in den Gräben **4** gebildet sind, sowie zweite Abschnitte **12**, die auf den Stegen **5** gebildet sind, auf, die zueinander in einer Modulationsrichtung P2 senkrecht zur ersten Richtung P1 jeweils um die Grabentiefe  $t$ , die auch als Modulationstiefe bezeichnet werden kann, versetzt sind. In Draufsicht gesehen ist die Mehrschichtstruktur als Ganzes zusammenhängend. Gleiches gilt für die einzelnen Schichten **8**, **9** und **10** der Mehrschichtstruktur **7**.

[0065] Auf der Mehrschichtstruktur **7** ist eine transparente Schutzschicht **13** ausgebildet.

[0066] Die Herstellung des Sicherheitselementes **1** ist in den [Fig. 3–Fig. 7](#) schematisch dargestellt. Zunächst wird die Oberseite **6** des Trägers **3**, der hier ein strahlungshärtender Lack ist (z. B. ein UV-Lack), durch Prägen höhenmoduliert ([Fig. 3](#), [Fig. 4](#)). Die Lackschicht **3** kann z. B. auf einer nicht gezeigten, transparenten Trägerfolie (z. B. eine PET-Folie) vorgesehen sein.

[0067] Danach werden nacheinander die erste, zweite und dritte Schicht ([Fig. 5–Fig. 7](#)) sowie die transparente Schutzschicht **13** (z. B. eine Lackschicht) aufgebracht, so dass man das Sicherheitselement **1** gemäß [Fig. 2](#) erhält.

[0068] Aufgrund des beschriebenen Aufbaus kann die Farbfilterwirkung der höhenmodulierten Mehrschichtstruktur **7** sowohl in Reflexion als auch Transmission beobachtet werden. Es wurde dabei festgestellt, dass die Modulationstiefe  $t$  einen großen Einfluss auf die Filterwirkung hat. Man kann daher durch Wahl der Modulationstiefe  $t$  die Farbfilterwirkung festlegen. Um dies zu verdeutlichen, wird nachfolgend die Änderung der Farbfilterwirkung für Modulationstiefen  $t$  zwischen 0 und 300 nm in Verbindung mit [Fig. 8a–Fig. 8c](#) (für Reflexion) und [Fig. 9a–Fig. 9c](#)

(für Transmission) jeweils für einen Einfallswinkel des Lichtes von  $30^\circ$  beschrieben.

[0069] In den [Fig. 8a](#) und [Fig. 9a](#) sind jeweils die darstellbaren Farben in der CIE-Normfarbtafel eingezeichnet. Der schwarze Punkt in den [Fig. 8a](#) und [Fig. 9a](#) bezeichnet den Weißpunkt. Die [Fig. 8b](#) und [Fig. 9b](#) zeigen den L-Wert des Lab-Farbraums in Abhängigkeit der Modulationstiefe  $t$  und die [Fig. 8c](#) und [Fig. 9c](#) zeigen die Farbigkeit in Abhängigkeit der Modulationstiefe  $t$ . Die Farbigkeit ist hier als Abstand des Farbwerts  $x$ ,  $y$  vom Weißpunkt definiert.

[0070] Wie den [Fig. 8a–Fig. 8c](#) und [Fig. 9a–Fig. 9c](#) zu entnehmen ist, wird ein großer Bereich des Farbraums sowohl in Reflexion als auch in Transmission durchlaufen. Dabei liegen die Intensitäten (L-Werte im Lab-Farbraum) so, dass die Farben auch bei Tageslicht gut wahrnehmbar sind.

[0071] Das erfindungsgemäße Sicherheitselement **1** wirkt somit als Farbfilter (in Reflexion oder Transmission), der nur ein Teil des einfallenden weißen Lichtes reflektiert oder transmittiert. Bevorzugt ist dabei die Gitterperiode  $d < \lambda/n$ , wobei  $\lambda$  die größte Wellenlänge des vorbestimmten Wellenlängenbereiches, für den das Sicherheitselement **1** ausgelegt ist, und  $n$  den Brechungsindex des umgebenden Mediums bezeichnet. Das Sicherheitselement **1** ist insbesondere für sichtbares Licht (Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm) ausgelegt, so dass die vorliegende Gitterperiode  $d$  von 330 nm kleiner ist als als der Wert  $\lambda/n$  520 nm für die größte Wellenlänge. Die Mehrschichtstruktur **7** kann daher auch als Subwellenlängengitter bezeichnet werden. Bei diesem Gitter tritt zwar im Blauen auch Beugung in der ersten Ordnung auf. Jedoch dominiert die Lichtbeugung der nullten Ordnung. Zudem ist der Beugungswinkel für die höheren Ordnungen des blauen Lichtes sehr steil und wird daher vom Beobachter kaum wahrgenommen.

[0072] Durch Variation der Modulationstiefe  $t$  können somit unterschiedliche Farben in Reflexion und/oder Transmission dargestellt werden. Durch eine laterale Variation der Modulationstiefe kann somit ein feinstrukturiertes, mehrfarbiges Motiv dargestellt werden. Es muß lediglich lokal die entsprechende Modulationstiefe eingestellt werden, die der gewünschten Farbe an diesem Ort entspricht. Bei dem so dargestellten Motiv kann es sich um Buchstaben, Zahlen, Texte, Bilder oder sonstige grafische Darstellungen handeln. Mit dem erfindungsgemäßen Sicherheitselement lassen sich somit sehr fein strukturierte mehrfarbige Motive erzeugen, die äußerst schwer zu kopieren sind.

[0073] In einer weiteren Ausführungsform, die sich von der Ausführungsform von [Fig. 2](#) nur darin unterscheidet, dass die erste und dritte Schicht **8**, **10** jeweils aus Aluminium mit einer Schichtdicke  $h_1 = h_3$

= 10 nm und die zweite Schicht aus  $\text{SiO}_2$  mit einer Schichtdicke  $h_2 = 200$  nm ausgebildet sind, kann ein etwas größerer Bereich des Farbraums in Reflexion abgedeckt werden, wie den [Fig. 10a–Fig. 10c](#) zu entnehmen ist. [Fig. 10a–Fig. 10c](#) sind die entsprechenden Darstellungen zu [Fig. 8a–Fig. 8c](#).

[0074] Jedoch ist die Transmission selbst bei der gewählten Schichtdicke von 10 nm für  $h_1$  und  $h_3$  nicht mehr sehr ausgeprägt, wie den [Fig. 11a–Fig. 11c](#), die die entsprechenden Figuren zu [Fig. 9a–Fig. 9c](#) sind, zu entnehmen ist. Eine Verringerung der Dicken  $h_1$  und  $h_3$  auf 5 nm würde die Transmission etwa um den Faktor vier erhöhen, jedoch würde sich dabei auch die Abdeckung des Farbraums in Transmission verringern.

[0075] Die erste und dritte Schicht **8**, **10** müssen nicht aus einem metallischen Material gebildet sein, sondern können auch aus dielektrischen Materialien gebildet sein, deren Brechzahl höher ist als die Brechzahl des dielektrischen Materials der zweiten Schicht **9**. Beispielsweise kann im Unterschied zur Ausführungsform zu [Fig. 2](#) die erste und dritte Schicht **8**, **10** aus ZnS gebildet sein, wobei  $h_1 = 100$  nm und  $h_3 = 60$  nm. Die dielektrische Schicht ist eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht mit einer Dicke  $h_2 = 80$  nm. Die restlichen Abmessungen entsprechen denen bei der Ausführungsform von [Fig. 2](#). Bei einem Sicherheitselement **1** mit einem rein dielektrischen Schichtaufbau ist eine große Farbabdeckung bei Reflexion vorhanden ([Fig. 12a–Fig. 12c](#)). In Transmission sind die Farbeigenschaften jedoch nur schwach ausgeprägt, wie [Fig. 13a–Fig. 13c](#) zu entnehmen ist. Daher wird ein rein dielektrischer Schichtaufbau bevorzugt vor einem schwarzen Hintergrund betrachtet.

[0076] Bei den Darstellungen in [Fig. 8–Fig. 13](#) wurde jeweils die Modulationstiefe  $t$  zwischen 0 und 300 nm variiert. Dies führt dazu, dass neben dem in [Fig. 2](#) dargestellten Versatz der ersten und zweiten Abschnitte **11** und **12** in Modulationsrichtung P2 der Versatz auch so groß sein kann, dass die Unterseite der ersten Schicht **8** in den zweiten Abschnitten **12** oberhalb der Oberseite der dritten Schicht **10** in den ersten Abschnitten **11** liegt, wie in [Fig. 14](#) dargestellt ist. In Draufsicht gesehen sind sowohl die Mehrschichtstruktur **7** als auch die einzelnen Schichten **8** bis **10** immer noch zusammenhängend.

[0077] Ein Sonderfall tritt auf, wenn die Modulationstiefe  $t$  so gewählt ist, dass sie gleich der Summe der Schichtdicken  $h_1$  und  $h_2$  entspricht. Dies führt dazu, dass die erste Schicht **8** der zweiten Abschnitte **12** sowie die dritte Schicht **10** der ersten Abschnitte **11** einen geschlossenen Film **14** bilden und die erste Schicht **8** in den ersten Abschnitten **11** unterhalb des geschlossenen Filmes **14** sowie die dritte Schicht **10** der zweiten Abschnitte **12** oberhalb des geschlosse-

nen Filmes **14** jeweils ein Drahtgitter bilden, wie dies in [Fig. 15](#) dargestellt ist.

**[0078]** Der geschlossene Film **14** hat eine konstante Dicke, wenn  $h_1$  gleich  $h_3$  ist. Wenn  $h_1$  ungleich  $h_3$  ist, variiert die Dicke des Filmes periodisch (mit der Periode  $d$ ).

**[0079]** Die Farbfilteigenschaften des erfindungsgemäßen Sicherheitselementes **1** können durch verschiedene Effekte bedingt werden, wie z. B. die Wood-Anomalie, bei der ein Teil des sichtbaren Spektrums in die erste Ordnung gebeugt und daher in der nullten Beugungsordnung bei Reflexion oder Transmission fehlt. Dieser Effekt ist nahezu unabhängig von der Polarisation des Lichtes.

**[0080]** Ferner können durch Licht mit TM-Polarisation Oberflächenplasmon-Polaritonen angeregt werden, was zu einer selektiven Absorption bei verringerter Transmission führt.

**[0081]** Es können Plasmaresonanzen an den sehr dünnen Metallschichten **8**, **10** auftreten, was zu einer selektiven Absorption und einer erhöhten Transmission führt. Die Resonanzwellenlänge hängt vom Metall ab und ist unabhängig von der Polarisation.

**[0082]** Des weiteren können Fabry-Perot Resonanzen zwischen den dünnen Metallschichten **8**, **10** auftreten, wobei die Resonanzwellenlänge vom Abstand  $h_2$  der beiden Metallschichten **8**, **9** abhängt.

**[0083]** Auch Hohlraumresonanzen in den Gittergräben **4** (bei TM-Polarisation) können auftreten, wobei die Resonanzwellenlänge von der Grabentiefe  $t$  abhängt.

**[0084]** Des weiteren können Resonanzen in TE-Polarisation auftreten, wobei die Resonanzwellenlänge abhängig ist von der Breite der Gittergräben **4**.

**[0085]** Schließlich kann bei einem rein dielektrischen Aufbau der Mehrschichtstruktur **7** (drei dielektrische Schichten **8–10**) eine Interferenz zwischen der niedrig brechenden Schicht **9** und den hoch brechenden dielektrischen Schichten **8**, **10** vorliegen.

**[0086]** All diese Effekte können bei den beschriebenen Mehrschichtstrukturen **7** zur Farbgebung beitragen. Die wesentlichen Beiträge stammen jedoch von den Fabry-Perot Resonanzen zwischen den dünnen Metallschichten, wenn die erste und dritte Schicht **8**, **10** aus Metall gebildet sind, bzw. von den Interferenzen zwischen der ersten und dritten Schicht **8**, **10**, wenn diese als dielektrische Schichten mit einer höheren Brechzahl als die dielektrische zweite Schicht **9** gebildet sind.

**[0087]** In [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) sind die Reflexions- und Transmissionsspektren für eine Mehrschichtstruktur **7** gezeigt, bei der die erste und dritte Schicht **8**, **10** als Silberschicht mit einer Schichtdicke  $h_1 = h_3 = 20$  nm ausgebildet ist, wobei die Modulationstiefe  $t$  100, 150, 200 und 250 nm beträgt. Für jede dieser Modulationstiefen ist dabei die Schichtdicke  $h_2$  der dielektrischen zweiten Schicht **9**, die eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht ist, so gewählt, dass  $h_1 + h_2 = t$  erfüllt ist und somit der geschlossene Metallfilm **14** gemäß [Fig. 15](#) vorliegt. Die Werte für  $b$  und  $d$  betragen 130 nm und 330 nm. Ein Sicherheitselement **1** mit einer solchen Mehrschichtstruktur **7** wird nachfolgend auch als Sicherheitselement gemäß Variante 1 bezeichnet.

**[0088]** Aus den Spektren gemäß [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#), die das Reflexions- bzw. Transmissionsverhalten für einen Einfallswinkel des Lichtes von  $30^\circ$  zeigen, ist ersichtlich, dass sich mit zunehmender Schichtdicke  $h_2$  bzw. mit zunehmender Modulationstiefe  $t$  die Resonanz in den langwelligen Bereich verschiebt.

**[0089]** Das gleiche Verhalten zeigt sich gemäß [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#), die in gleicher Weise wie in [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) die Reflexions- und Transmissionsspektren für einen Einfallswinkel des Lichtes von  $30^\circ$  bei einer Mehrschichtstruktur **7** zeigen, bei der die erste und dritte Schicht **8**, **10** jeweils als Aluminiumschicht mit einer Dicke von 30 nm ausgebildet ist. Die zweite Schicht ist wiederum eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht, deren Dicke 100, 150, 200, 250 nm beträgt. Auch hier wurde die Modulationstiefe  $t$  jeweils so gewählt, dass  $h_1 + h_2 = t$  gilt, so dass der geschlossene Film **14** vorliegt. Die Werte für  $b$  und  $d$  betragen 130 nm und 330 nm. Ein Sicherheitselement **1** mit einer solchen Mehrschichtstruktur **7** wird nachfolgend auch als Sicherheitselement gemäß Variante 2 bezeichnet.

**[0090]** Auch für den Fall, dass die Mehrschichtstruktur **7** aus drei dielektrischen Schichten ausgebildet ist, ist ein gleiches Verhalten zu beobachten. Wie [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) zu entnehmen ist, ist bei einer Mehrschichtstruktur **7**, bei der die erste und dritte Schicht jeweils als ZnS-Schicht mit einer Dicke von 70 nm ausgebildet und die zweite Schicht als  $\text{SiO}_2$ -Schicht ausgebildet ist, zu beobachten, dass sich die Resonanz mit zunehmender Dicke der zweiten Schicht bzw. mit zunehmender Modulationstiefe  $t$  in den langwelligen Bereich verschiebt. Auch in den [Fig. 20](#) und [Fig. 21](#) sind in gleicher Weise wie in [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) die Reflexions- und Transmissionsspektren für die Schichtdicken  $h_2$  der zweiten Schicht von 100, 150, 200 und 250 nm eingezeichnet, wobei auch hier wiederum die Modulationstiefe  $t$  jeweils so gewählt ist, dass  $h_1 + h_2 = t$  erfüllt ist. Die Werte für  $b$  und  $d$  betragen 130 nm und 330 nm. Ein Sicherheitselement **1** mit einer solchen Mehrschichtstruktur **7** wird nachfolgend auch als Sicherheitselement gemäß Variante 3 bezeichnet.

**[0091]** In [Fig. 22](#) ist die Winkelabhängigkeit der Farben bei Reflexion gemäß der Mehrschichtstruktur von Variante 1 mit  $h_2 = 200$  nm für den Einfallswinkel des Lichtes von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  dargestellt. In [Fig. 23](#) ist die gleiche Darstellung für die Mehrschichtstruktur gemäß Variante 2 mit  $h_2 = 200$  nm gezeigt. Aus diesen Darstellungen kann entnommen werden, dass selbst bei einer gleichmäßigen Ausleuchtung für den Winkelbereich von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$  eine Farbfilterwirkung bei Reflexion auftritt. Der erfindungsgemäße Farbeffekt wird also durch eine diffuse oder konvergente Beleuchtung nicht egalisiert, sondern ist trotzdem deutlich sichtbar.

**[0092]** In [Fig. 24a–Fig. 24c](#) wird die Reflexion der Mehrschichtstruktur gemäß Variante 3 für die Einfallswinkel von  $0^\circ$  und  $60^\circ$  für Modulationstiefen  $t$  zwischen 0 und 300 nm gezeigt. Die Darstellung in [Fig. 24a–Fig. 24c](#) entspricht im wesentlichen der Darstellung von [Fig. 8a–Fig. 8c](#). Aus dem Diagramm gemäß [Fig. 24c](#) kann entnommen werden, dass für einen weiten Bereich der Modulationstiefe  $t$  dieselbe Farbe erzeugt wird. Es können somit geeignete Modulationstiefen  $t$  gewählt werden, bei denen die Farben in Reflexion eine sehr geringe Winkelabhängigkeit zeigen.

**[0093]** Zusätzlich können polarisierende Eigenschaften des Sicherheitselementes zur Echtheitserkennung genutzt werden. Die in den [Fig. 16–Fig. 21](#) gezeigten Resonanzen im Spektrum sind für TM- und TE-Polarisationen unterschiedlich ausgeprägt. Ein Teil der Resonanzen tritt nur für TM-Polarisation, ein anderer Teil nur für TE-Polarisation auf. Daher werden unterschiedliche Farben bei der Beleuchtung mit polarisiertem Licht oder bei der Betrachtung mit einem Polarisator abhängig von der Polarisationsrichtung wahrgenommen.

**[0094]** Die polarisationsabhängigen Farbeindrücke für die Mehrschichtstruktur **7** gemäß Variante 3 sind in [Fig. 25a–Fig. 25c](#) für Reflexion und in [Fig. 26a–Fig. 26c](#) für Transmission jeweils für einen Einfallswinkel des Lichtes von  $30^\circ$  dargestellt. Aus diesen Darstellungen lässt sich entnehmen, dass die Farbänderung beim Wechsel von TM- auf TE-Polarisation für die Modulationstiefen von  $t$  ungefähr 80 nm und  $t$  ungefähr 210 nm besonders ausgeprägt sind.

**[0095]** Natürlich kann die Mehrschichtstruktur **7** mehr als drei Schichten umfassen. In [Fig. 27](#) ist eine Mehrschichtstruktur **7** mit fünf Schichten dargestellt, die auch als Penta-Struktur **7** bezeichnet werden kann. Die zusätzliche vierte Schicht **15** im Vergleich zu der Ausführungsform von [Fig. 2](#) ist eine dielektrische Schicht, die hier aus dem gleichen Material wie die zweite Schicht **9** ausgebildet ist. Die zusätzliche fünfte Schicht **16** ist eine Metallschicht, die hier in gleicher Weise wie die erste und dritte Schicht **8, 10** jeweils aus Silber gebildet ist. Die Schichtdicken

$h_1, h_3$  und  $h_5$  sind gleich und betragen 15 nm. Die Schichtdicken  $h_2$  und  $h_4$  sind ebenfalls gleich und betragen 100 nm, wobei als Material ZnS verwendet wurde. Die Werte für  $b$  und  $d$  sind 130 nm und 330 nm.

**[0096]** Wie den [Fig. 28](#) bis [Fig. 30](#) zu entnehmen ist, können in Abhängigkeit der Modulationstiefe  $t$  zwei ([Fig. 28](#)) oder eine ([Fig. 29](#)) durchgehende Metallschicht vorliegen. In [Fig. 30](#) ist ein Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem die Modulationstiefe  $t$  größer als die Schichtdicke ( $= h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$ ) der Mehrschichtstruktur **7** ist.

**[0097]** In [Fig. 31a–Fig. 31c](#) ist das Reflexionsverhalten der Penta-Struktur **7** für verschiedene Modulationstiefen  $t$  (0 nm, 15 nm, 40 nm, 115 nm, 130 nm und 230 nm) in Abhängigkeit des Einfallswinkels für den Bereich von  $20^\circ$ – $40^\circ$  dargestellt. Verschiedene Modulationstiefen  $t$  zeigen somit unterschiedliche Farben in Reflexion.

**[0098]** In [Fig. 32](#) ist in einer CIE-Normfarbtafel die Reflexion einer Penta-Struktur **7** gezeigt, bei der die Metallschichten **8, 10** und **16** jeweils aus Silber mit einer Dicke von 15 nm und die dielektrischen Schichten **9** und **15** aus  $\text{TiO}_2$  mit einer Dicke von 70 nm gebildet sind. Die Modulationstiefe  $t$  beträgt 100 nm und die Werte für  $b$  und  $d$  sind 130 nm sowie 330 nm. Das Reflexionsverhalten ist in [Fig. 32](#) als Funktion des Einfallswinkels des Lichtes für den Bereich von  $20^\circ$ – $40^\circ$  dargestellt. Durch einen solchen Aufbau lässt sich ein blauer Farbton erzeugen, der außerhalb des Farbdreiecks liegt, das Farben umschließt, die herkömmliche Bildschirme darstellen können.

**[0099]** Die Ausbildung der Mehrschichtstruktur als Penta-Struktur zeigt somit ausgeprägte Farben in Reflexion und Transmission. Für bestimmte Geometrien können sogar Farben mit größerer Sättigung (Abstand zum Weißpunkt) als mit Mehrschichtstrukturen **7**, die lediglich aus drei Schichten aufgebaut sind, erzielt werden. So ist beispielsweise mit einer fünfschichtigen Mehrschichtstruktur **7**, bei der als Metallschichten jeweils 15 nm dicke Silberschichten und als dielektrische Schichten jeweils 32 nm dicke ZnS-Schichten verwendet werden, die Darstellung einer kräftigen Goldfarbe möglich. Insbesondere ist es mit den Penta-Strukturen **7** möglich, Farben zu erzeugen, die außerhalb des Farbdreiecks liegen.

**[0100]** Bei der Ausbildung der Mehrschichtstruktur **7** mit fünf Schichten kann ein rein dielektrischer Schichtaufbau realisiert werden, bei dem abwechselnd hoch und niedrig brechende dielektrische Schichten aufeinander angeordnet werden.

**[0101]** Es ist jedoch anzumerken, dass bei dem dreischichtigen Aufbau der Mehrschichtstruktur **7** der abdeckbare Farbraum durch Variation der Modulations-

tiefe  $t$  tendenziell größer ist als bei fünfschichtigen Mehrschichtstrukturen **7**. Ebenfalls ist natürlich die Herstellung einer Mehrschichtstruktur mit nur drei Schichten leichter als mit fünf Schichten.

**[0102]** Ferner ist bei der Mehrschichtstruktur **7** möglich, die Metallschichten bzw. die hoch brechenden dielektrischen Schichten **8**, **10**, **16** aus unterschiedlichen Materialien zu bilden. So kann z. B. die erste Schicht **8** eine 11 nm dicke Kupferschicht sein, die dielektrische Schicht eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht mit einer Dicke von 380 nm und die dritte Schicht **10** eine 60 nm dicke Aluminiumschicht sein. Auch folgende Schichtfolgen sind möglich:

12 nm Ag/190 nm ZnS/60 nm Al

7 nm Cr/380 nm  $\text{SiO}_2$ /60 nm Al;

11 nm Cu/380 nm  $\text{SiO}_2$ /300 nm Al

**[0103]** Als Metalle können vorzugsweise Aluminium, Gold, Silber, Kupfer, Palladium, Chrom, Nickel und/oder Wolfram sowie deren Legierungen eingesetzt werden. Als Material für die dielektrischen Schichten kann z. B. ZnS,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgF}_2$  verwendet werden.

**[0104]** Das erfindungsgemäße Sicherheitselement **1** kann mit einer Mottenaugenstruktur oder einer sonstigen schwarzen, absorbierenden Struktur beispielsweise so kombiniert werden, dass es von dieser Struktur umgeben ist. Dies führt zu einem besonders guten Kontrast des durch das Sicherheitselement **1** dargestellten Motivs gegenüber dem schwarzen Hintergrund. Natürlich ist es auch möglich, den Träger **3** auf einer solchen schwarzen, absorbierenden Struktur auszubilden, so dass das gesamte Sicherheitselement **1** vor einem schwarzen Hintergrund positioniert ist. Damit wird ein sehr guter Kontrast bei der Reflexion erreicht. Es ist beispielsweise möglich, kegelförmige Nanostrukturen auszubilden, so dass die gewünschte schwarz absorbierende Wirkung erreicht wird.

**[0105]** Bei rein dielektrischen Mehrschichtstrukturen **7** wird der Vorteil erreicht, dass diese besonders schwer zu fälschen sind, da das Profil einer solchen Struktur noch schwerer als bei metallischen Strukturen ermittelt werden kann. So sind bei rein dielektrischen Strukturen Querschnittsaufnahmen mit einem Rasterelektronenmikroskop sehr schwierig herzustellen.

**[0106]** Ferner ist es möglich, in die dielektrische Schicht **9** und/oder **15** metallische Nanopartikel einzubringen (wie z. B. Ag-Nanopartikel). Dies führt zu veränderten Farben bei Reflexion und Transmission gegenüber einer Mehrschichtstruktur **7** mit gleichem Aufbau, jedoch ohne Nanopartikel. Die Nanopartikel können z. B. so ausgebildet sein, wie sie in der WO 2009/083151 A1 beschrieben sind.

**[0107]** Der Effekt der Nanopartikel ist besonders groß, wenn die Mehrschichtstruktur einen reinen dielektrischen Schichtaufbau aufweist, wie z. B. eine Mehrschichtstruktur mit  $\text{ZnS-SiO}_2\text{-ZnS}$ .

**[0108]** Weiterhin ist der Farbfiltereffekt auch für zweidimensional periodische Gitter vorhanden. Dabei kann die Periodizität der zweiten Dimensionrichtung auch schräg zur ersten Dimensionsrichtung verlaufen.

**[0109]** Die Mehrschichtstruktur **7** kann lateral sehr fein variiert werden, so dass sich die Farbe innerhalb von Mikrometern ändert. Daher eignet sich diese Struktur bevorzugt zur Farbgebung bei Mikrohohlspiegel- und/oder Mikrolinsenanordnungen. Insbesondere können mit den Mikrohohlspiegeln und/oder Mikrolinsen Vergrößerungsanordnungen verwirklicht werden, wie z. B. Modulo-Vergrößerungsanordnungen oder Moiré-Vergrößerungsanordnungen. Diese Anordnungen können farbige Motive bzw. Bilder in einer bis zu 1000 facher Vergrößerung noch in feinsten Auflösung darstellen. Das Grundprinzip einer solchen Modulo-Vergrößerungsanordnung ist beispielsweise in der WO 2009/00528 A1 beschrieben. Das Grundprinzip einer Moiré-Vergrößerungsanordnung ist beispielsweise in der WO 2006/087138 A1 beschrieben.

**[0110]** Das erfindungsgemäße Sicherheitselement kann auch als Sicherheitsfaden **17** ausgebildet sein, wie in [Fig. 1](#) angedeutet ist. Der Sicherheitsfaden **17** ist bevorzugt so in die Banknote **2** integriert, dass er zumindest abschnittsweise von der Vorderseite und/oder der Rückseite der Banknote betrachtet werden kann.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Sicherheitselement
<b>2</b>	Banknote
<b>3</b>	Träger
<b>4</b>	Graben
<b>5</b>	Steg
<b>6</b>	Oberseite
<b>7</b>	Mehrschichtstruktur
<b>8</b>	erste Schicht
<b>9</b>	zweite Schicht
<b>10</b>	dritte Schicht
<b>11</b>	erste Abschnitte
<b>12</b>	zweite Abschnitte
<b>13</b>	Film
<b>14</b>	geschlossener Film
<b>15</b>	vierte Schicht
<b>16</b>	fünfte Schicht
<b>17</b>	Sicherheitsfaden
<b>t</b>	Grabentiefe, Modulationstiefe
<b>b</b>	Abstand
<b>P1</b>	1. Richtung
<b>P2</b>	Modulationsrichtung
<b>d</b>	Gitterperiode

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2009/083151 A1 [[0106](#)]
- WO 2009/00528 A1 [[0109](#)]
- WO 2006/087138 A1 [[0109](#)]

**Patentansprüche**

1. Sicherheitselement (1) für Sicherheitselemente, Wertdokumente oder dgl., mit einem Träger (3), dessen Oberseite (6) höhenmoduliert ist, und mit einer als Farbfilter wirkenden Mehrschichtstruktur (7), die auf der höhenmodulierten Oberseite (6) ausgebildet und dadurch ebenfalls höhenmoduliert ist und die eine erste Schicht (8), eine darauf gebildete zweite Schicht (9) aus dielektrischem Material sowie eine auf der zweiten Schicht (9) ausgebildete dritte Schicht (10) umfasst, wobei die erste und dritte Schicht (8, 10) jeweils aus einem dielektrischen Material mit höherer Brechzahl als die der zweiten Schicht (9) oder jeweils aus einem metallischen Material ausgebildet sind.
2. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 1, bei dem die Höhenmodulation der Oberseite (6) sowie der Mehrschichtstruktur (7) in einer ersten Richtung periodisch ist.
3. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 2, bei dem die Höhenmodulation der Oberseite (6) sowie der Mehrschichtstruktur (7) zusätzlich noch in einer zweiten Richtung periodisch ist.
4. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Gitterperiode kleiner ist als die größte Wellenlänge des Bereiches der elektromagnetischen Strahlung, für den das Sicherheitselement (1) ausgelegt ist.
5. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem das Gitterprofil rechteckig oder Rechteck-ähnlich ist.
6. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem die Gitterperiode (d) lateral variiert ist.
7. Sicherheitselement (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem das Gitterprofil der Höhenmodulation lateral variiert ist.
8. Sicherheitselement (1) nach einem der obigen Ansprüche, bei dem in der zweiten Schicht (9) metallische Nanopartikel eingebracht sind.
9. Sicherheitselement (1) nach Anspruch 8, bei dem die Verteilung der Nanopartikel lateral variiert ist, um die Farbfilterwirkung der Mehrschichtstruktur (7) lateral zu variieren.
10. Sicherheitselement (1) nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Modulationstiefe der höhenmodulierten Mehrschichtstruktur lateral variiert ist.
11. Sicherheitselement (1) nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Schichtdicke der zweiten Schicht (9) lateral variiert ist.
12. Sicherheitselement (1) nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Mehrschichtstruktur (7), in Draufsicht gesehen, zusammenhängend ist.
13. Sicherheitselement (1) nach einem der obigen Ansprüche, bei dem die Mehrschichtstruktur (7) eine vierte und fünfte Schicht (15, 16) aufweist, wobei die vierte Schicht (15) auf der dritten Schicht (10) gebildet und aus einem dielektrischen Material ausgebildet ist und die fünfte Schicht (16) auf der vierten Schicht (15) gebildet und in gleicher Weise wie die erste und dritte Schicht (8, 10) aus einem dielektrischen oder metallischen Material ausgebildet ist.
14. Wertdokument mit einem Sicherheitselement nach einem der obigen Ansprüche.
15. Herstellungsverfahren eines Sicherheitselementes für Sicherheitspapiere, Wertdokumente oder dgl., bei dem die Oberseite eines Trägers höhenmoduliert wird, auf die höhenmodulierte Oberseite in dieser Reihenfolge eine erste Schicht, eine zweite Schicht aus dielektrischem Material und eine dritte Schicht als Mehrschichtstruktur aufgebracht wird, die dadurch ebenfalls höhenmoduliert ist, wobei für die erste und dritte Schicht jeweils ein dielektrisches Material mit höherer Brechzahl als die der zweiten Schicht oder jeweils ein metallisches Material verwendet wird.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

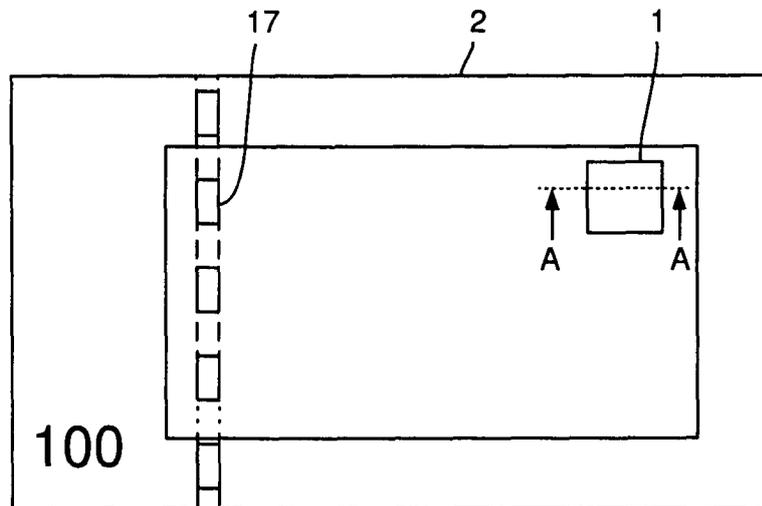


Fig. 2

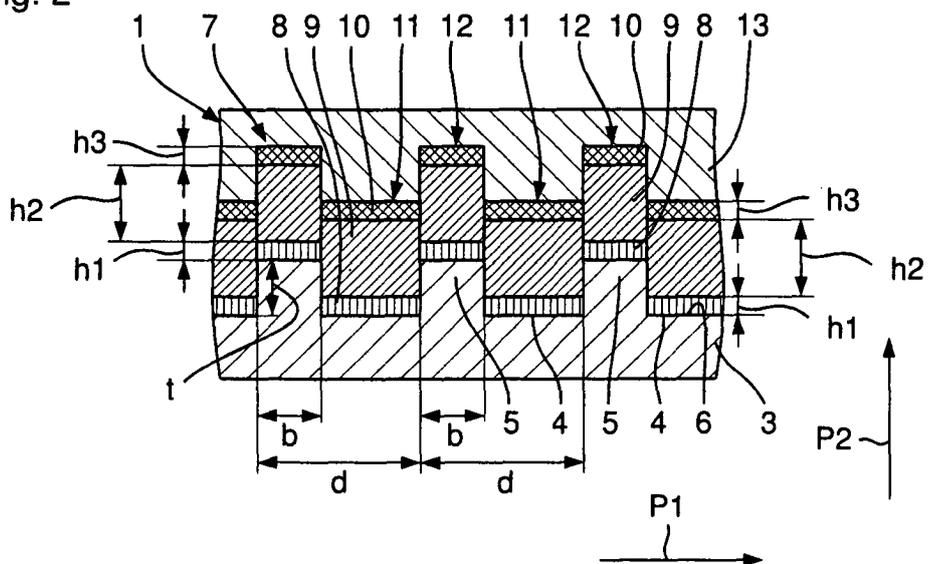


Fig. 3

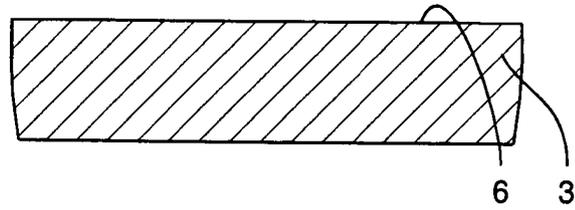


Fig. 4

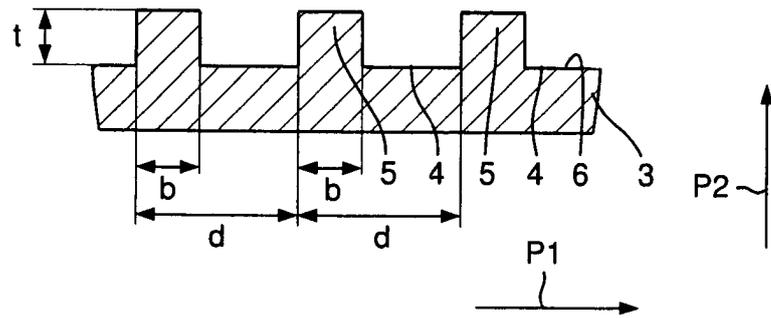


Fig. 5

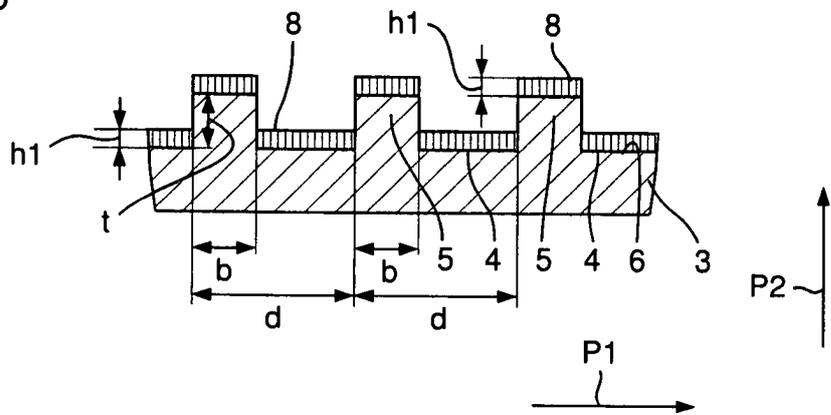


Fig. 6

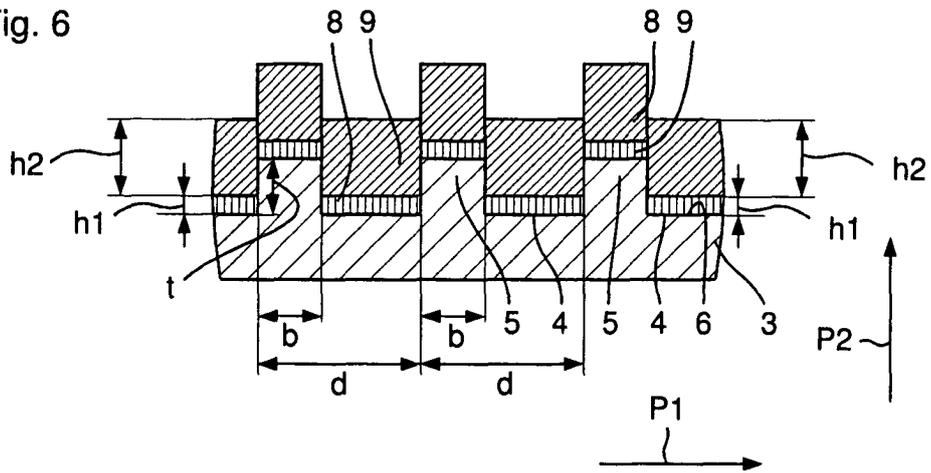


Fig. 7

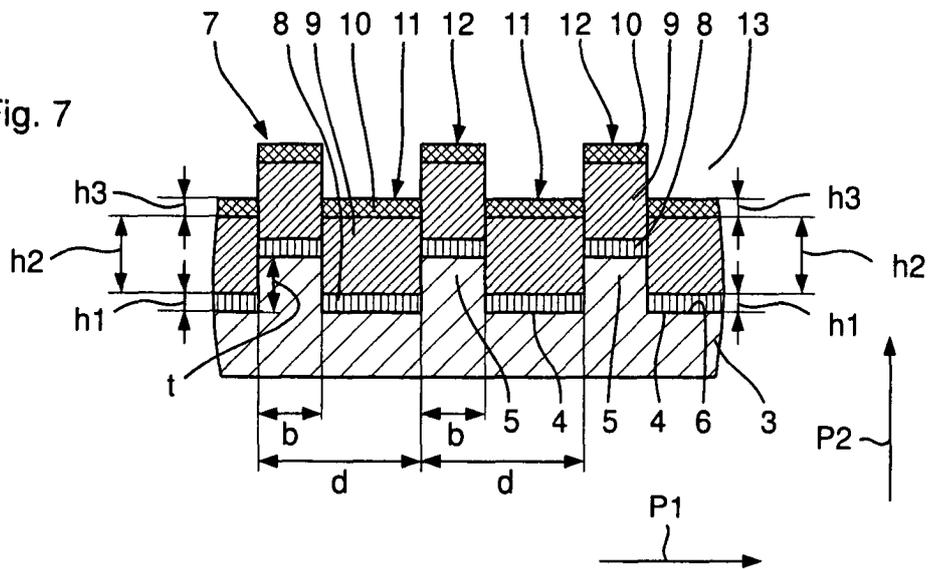


Fig. 8a

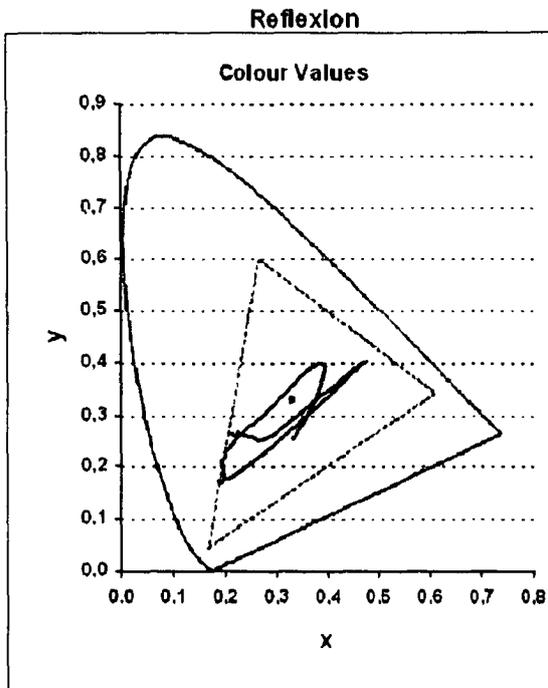


Fig. 9a

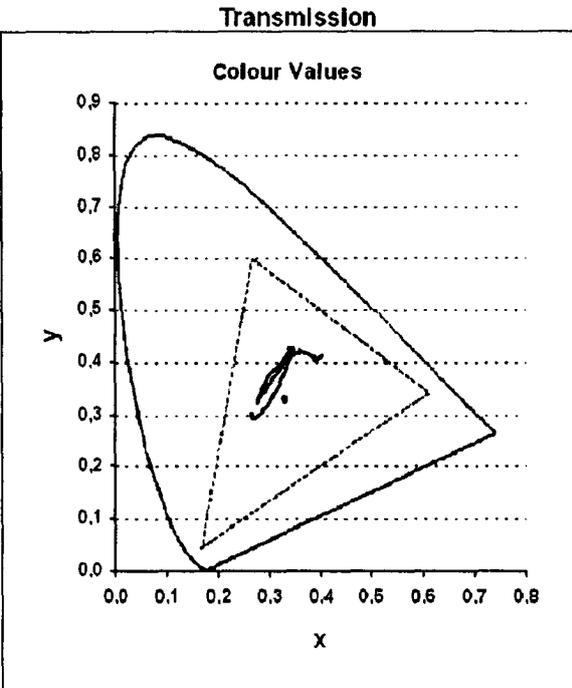


Fig. 8b

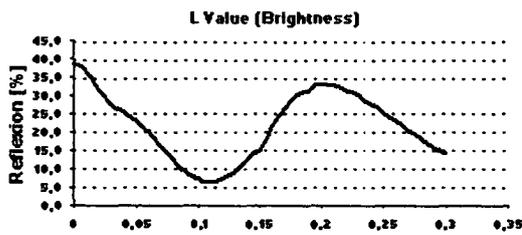


Fig. 9b

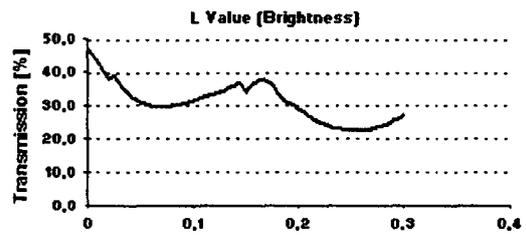


Fig. 8c

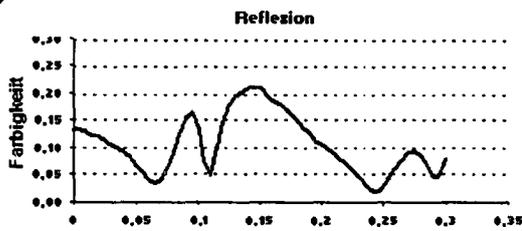


Fig. 9c

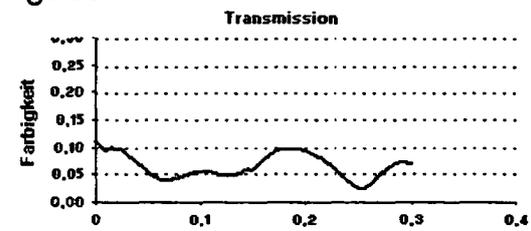


Fig. 10a

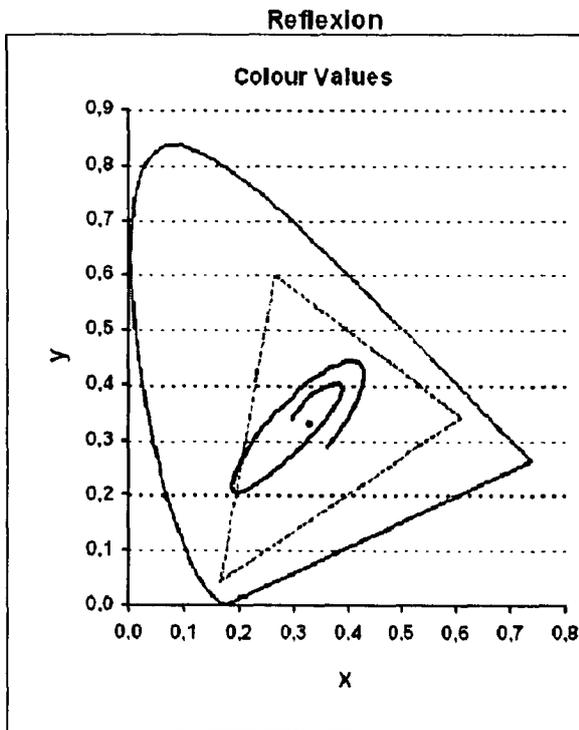


Fig. 11a

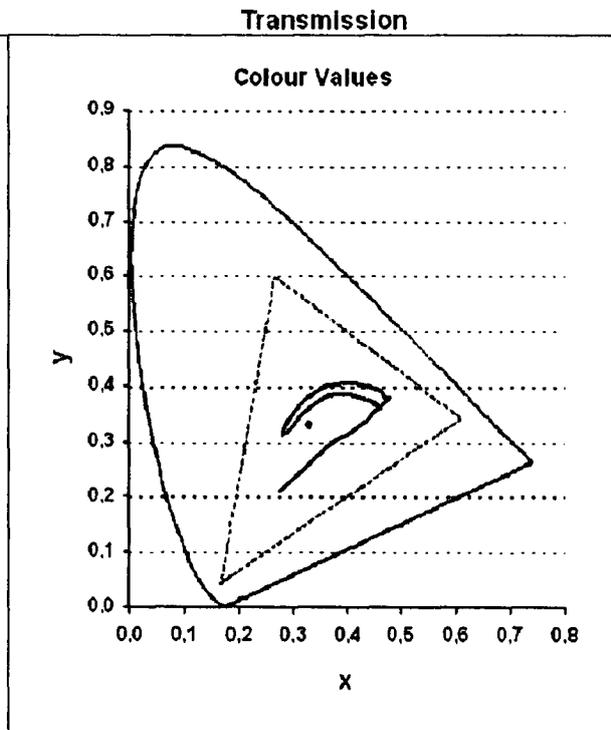


Fig. 10b

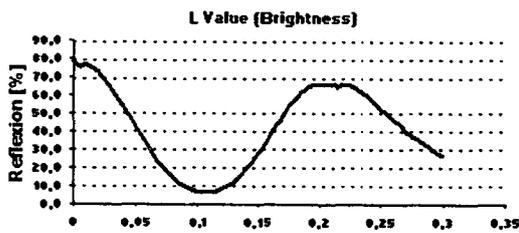


Fig. 11b

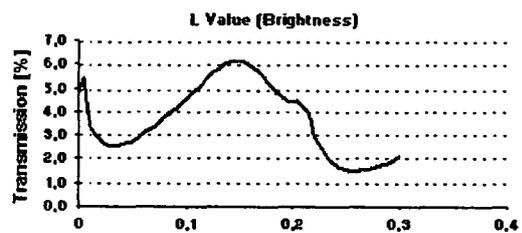


Fig. 10c

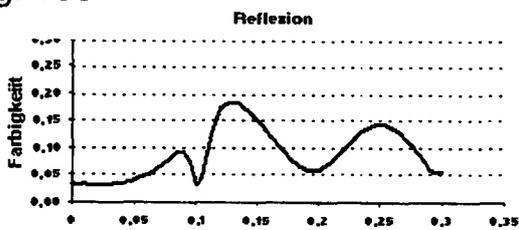


Fig. 11c

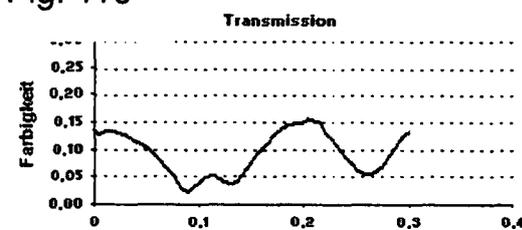


Fig. 12a

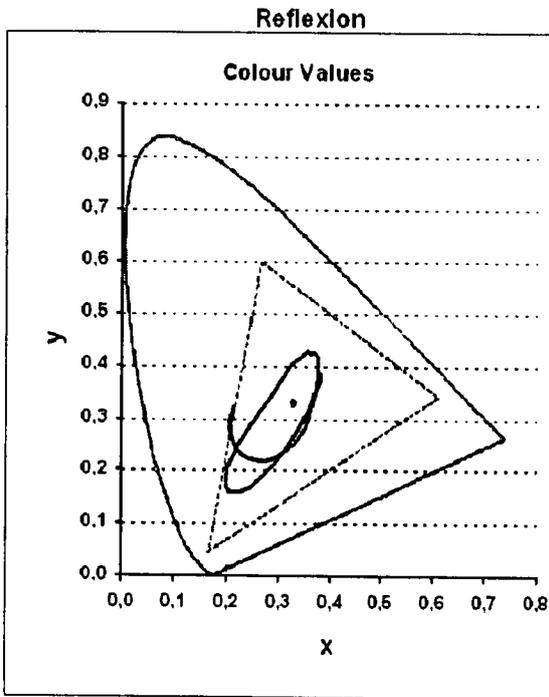


Fig. 13a

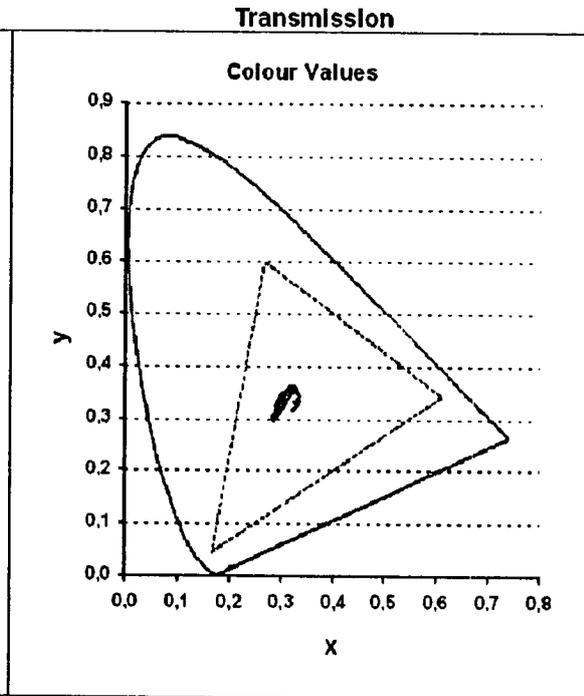


Fig. 12b

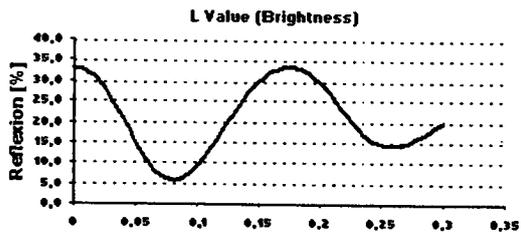


Fig. 13b

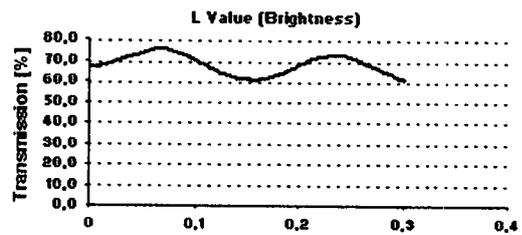


Fig. 12c

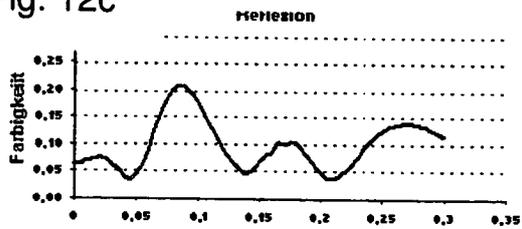


Fig. 13c

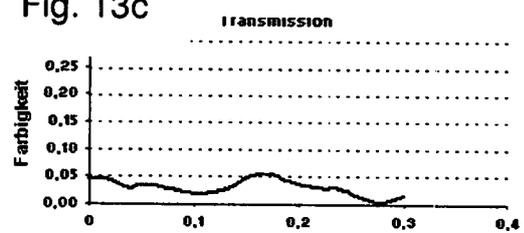


Fig. 14

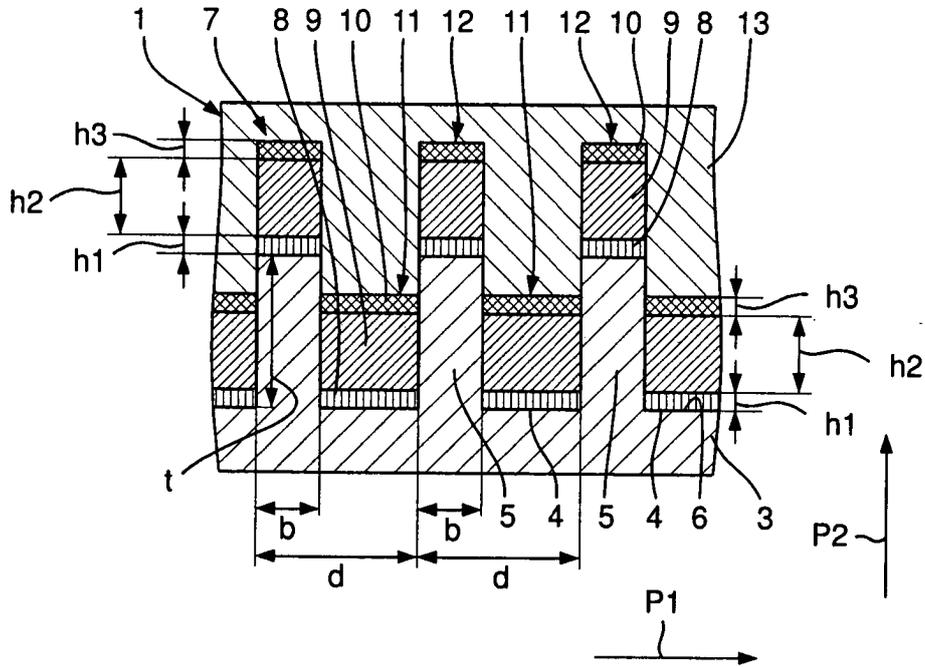


Fig. 15

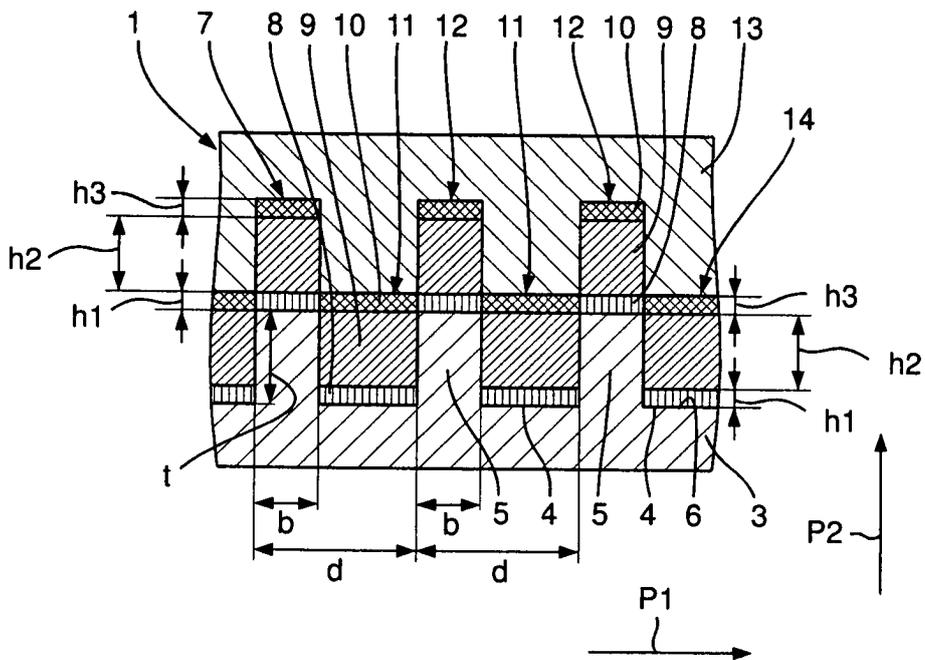


Fig. 16

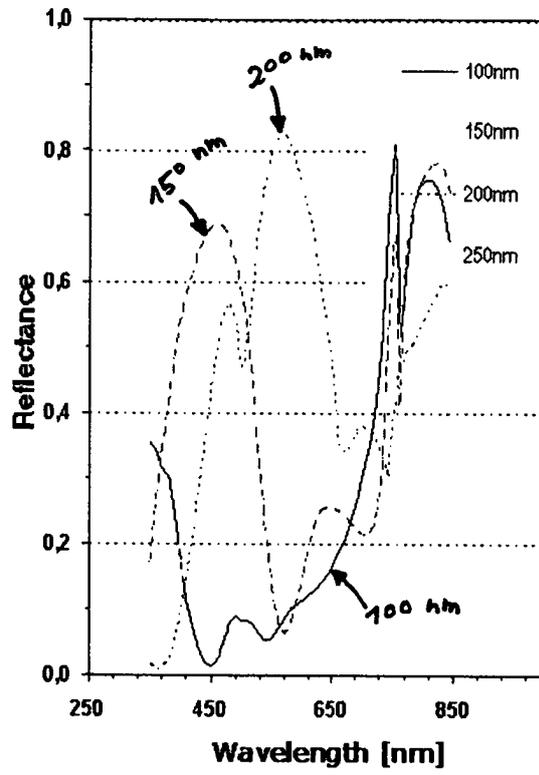


Fig. 17

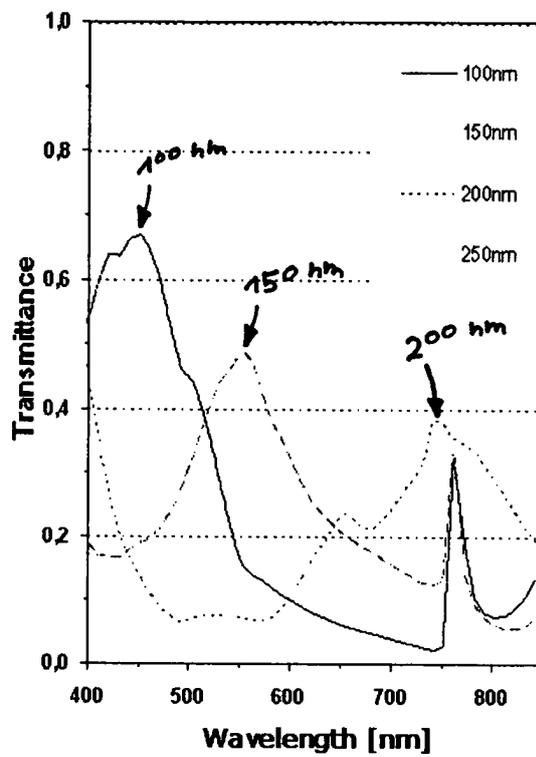


Fig. 18

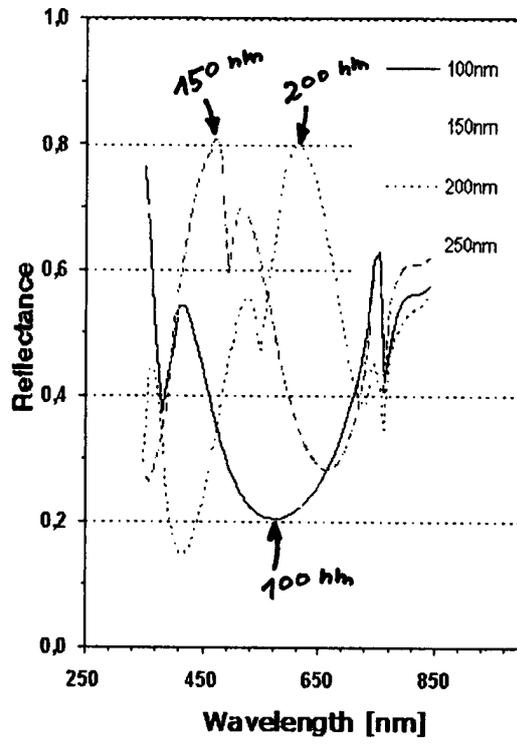


Fig. 19

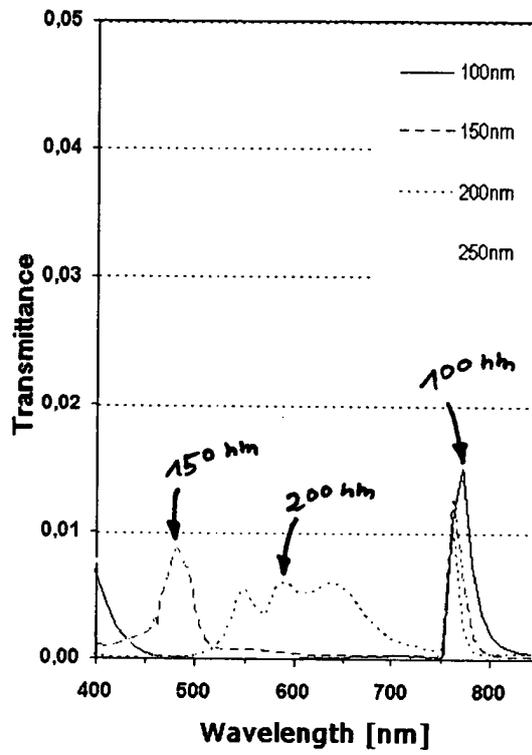


Fig. 20

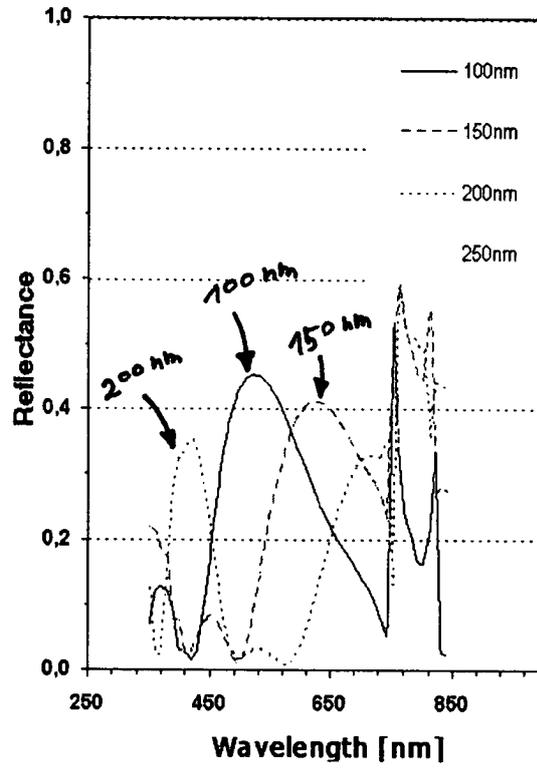


Fig. 21

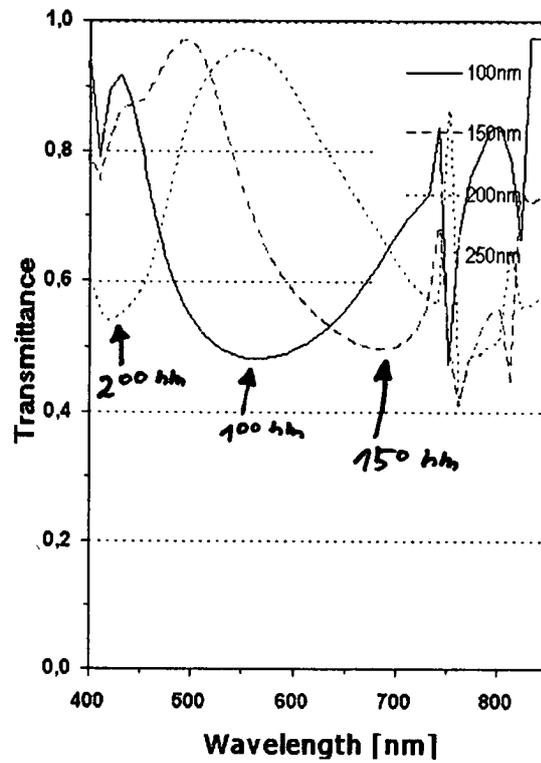


Fig. 22

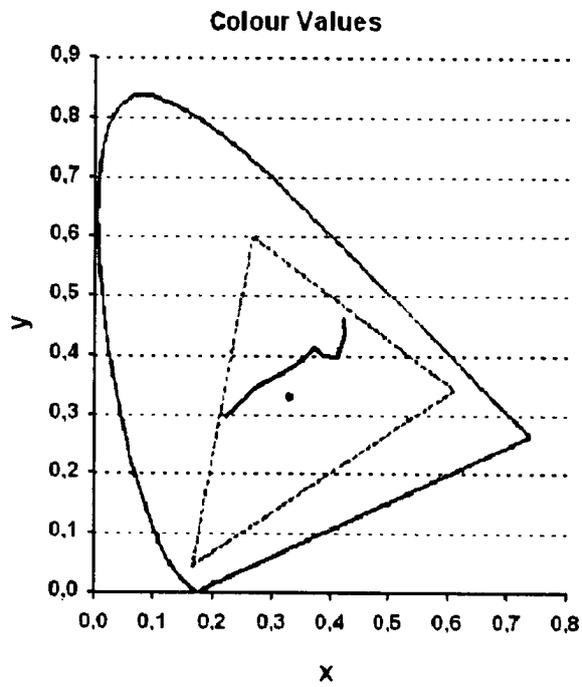


Fig. 23

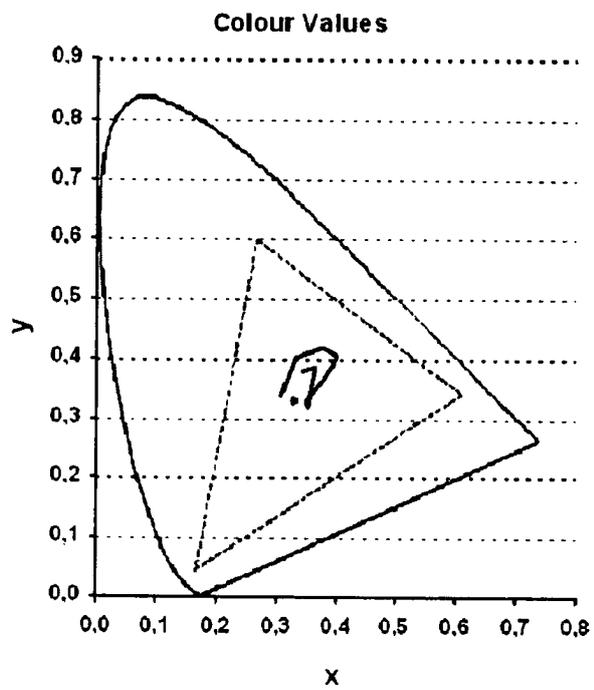


Fig. 24a

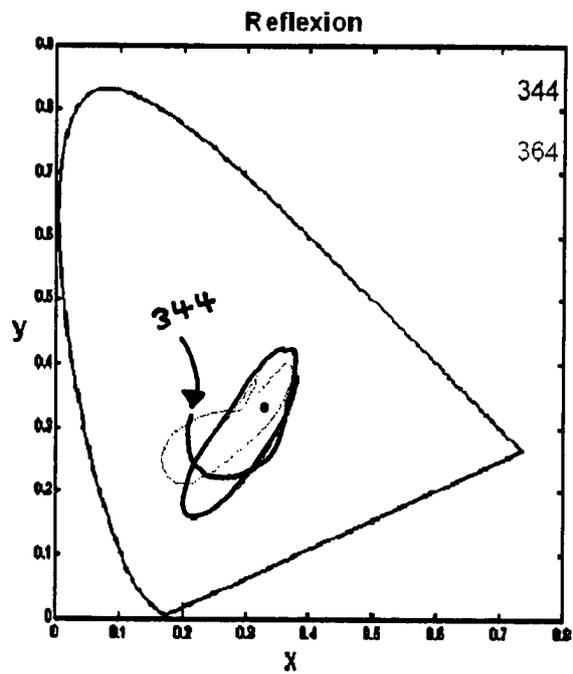


Fig. 24b

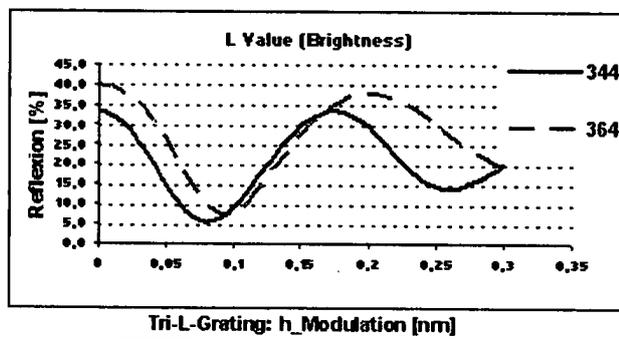


Fig. 24c

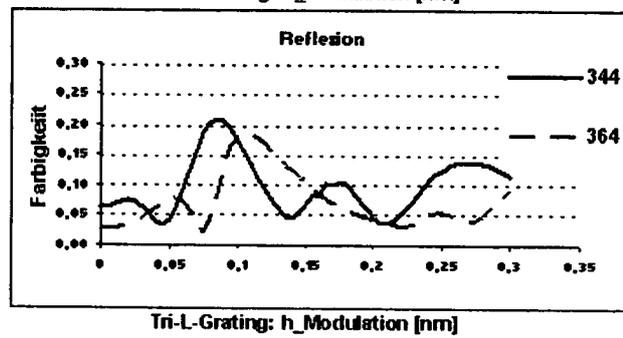


Fig. 25a

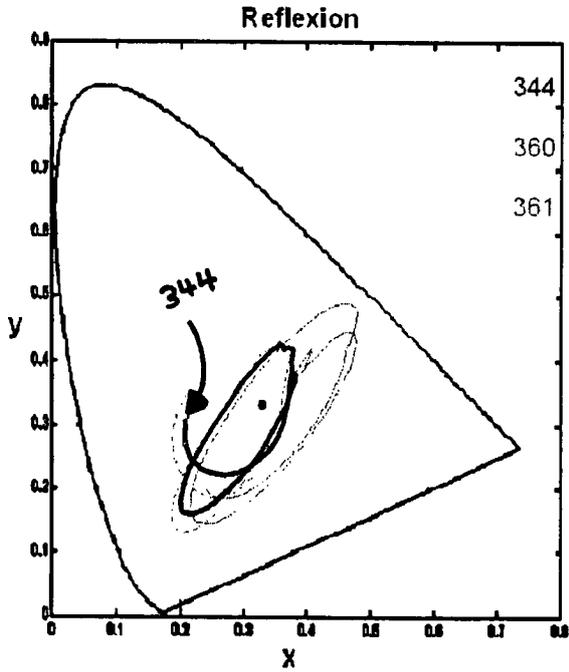


Fig. 26a

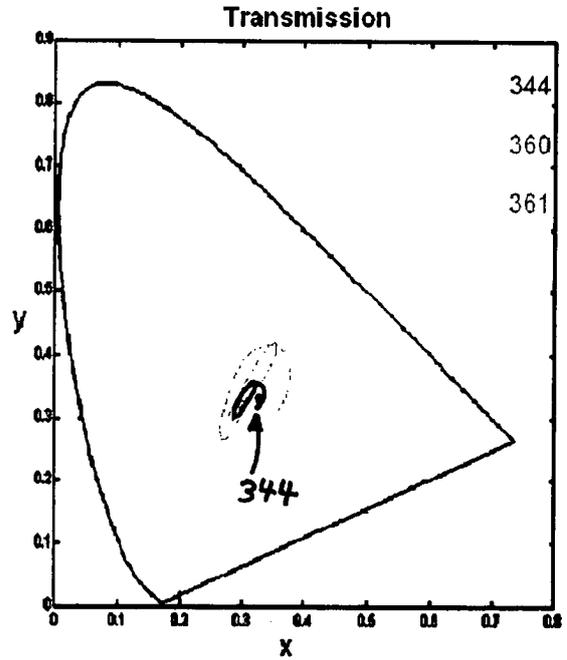


Fig. 25b

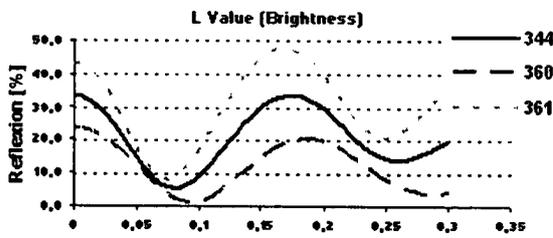


Fig. 26b

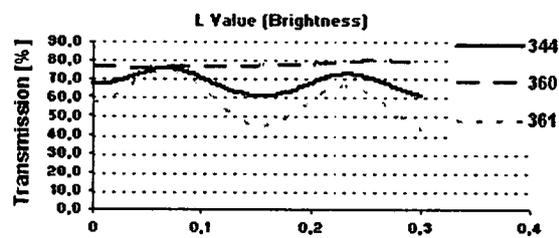


Fig. 25c

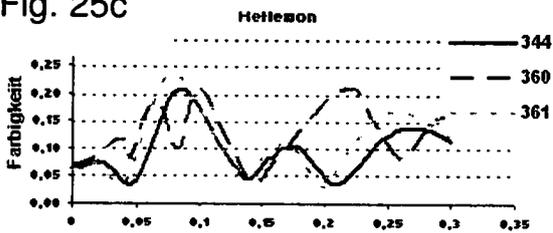
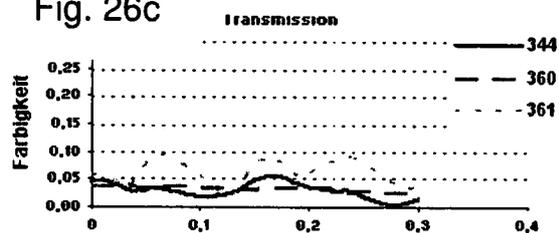
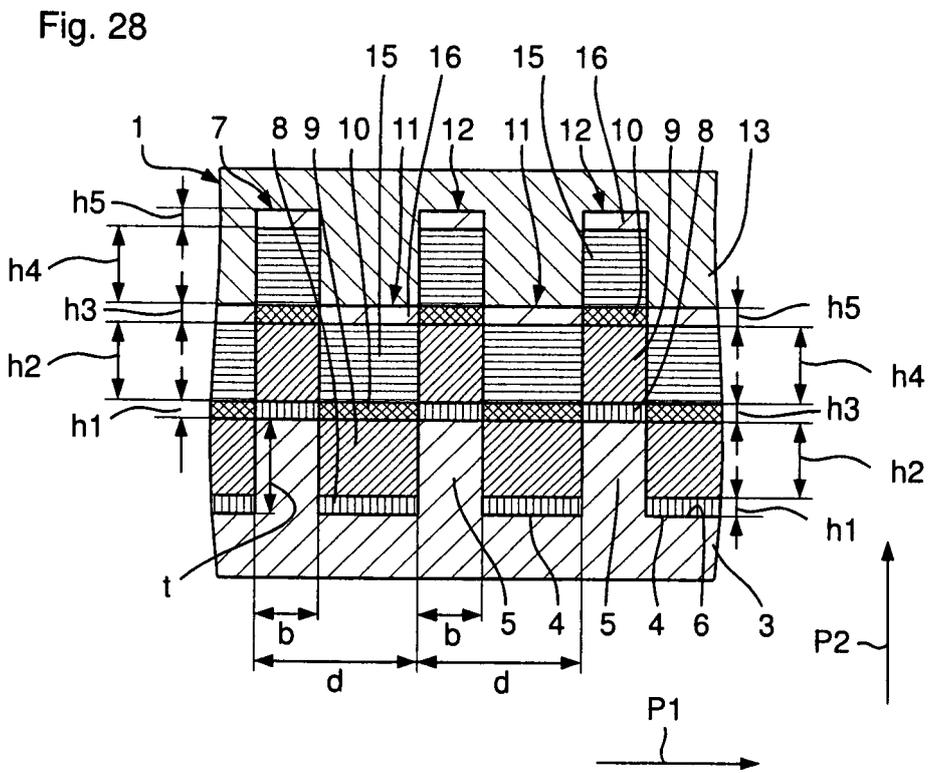
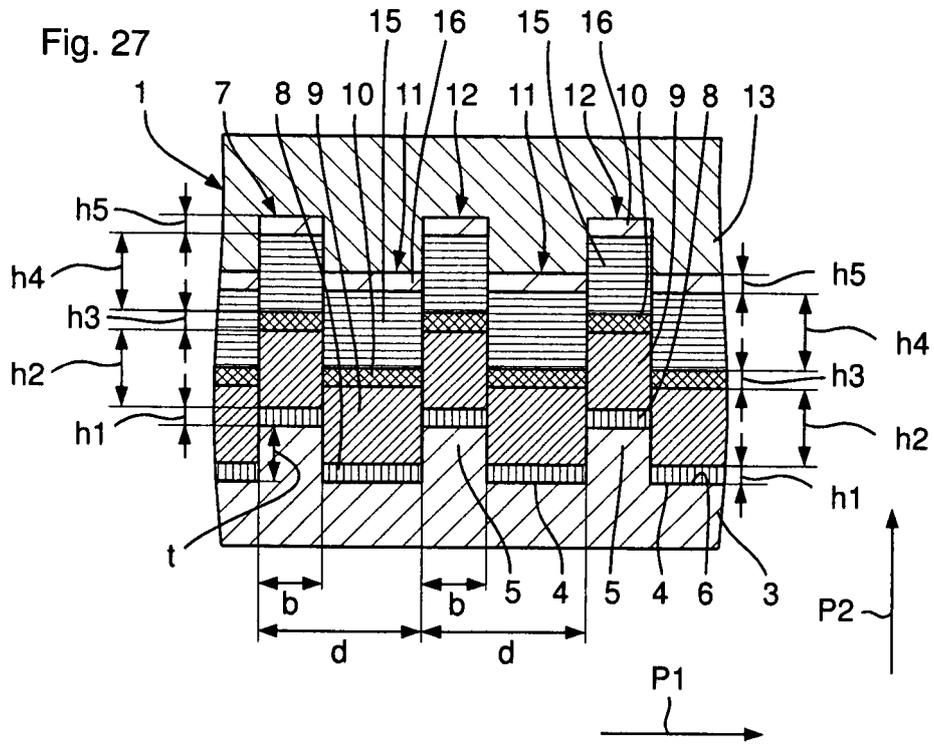


Fig. 26c





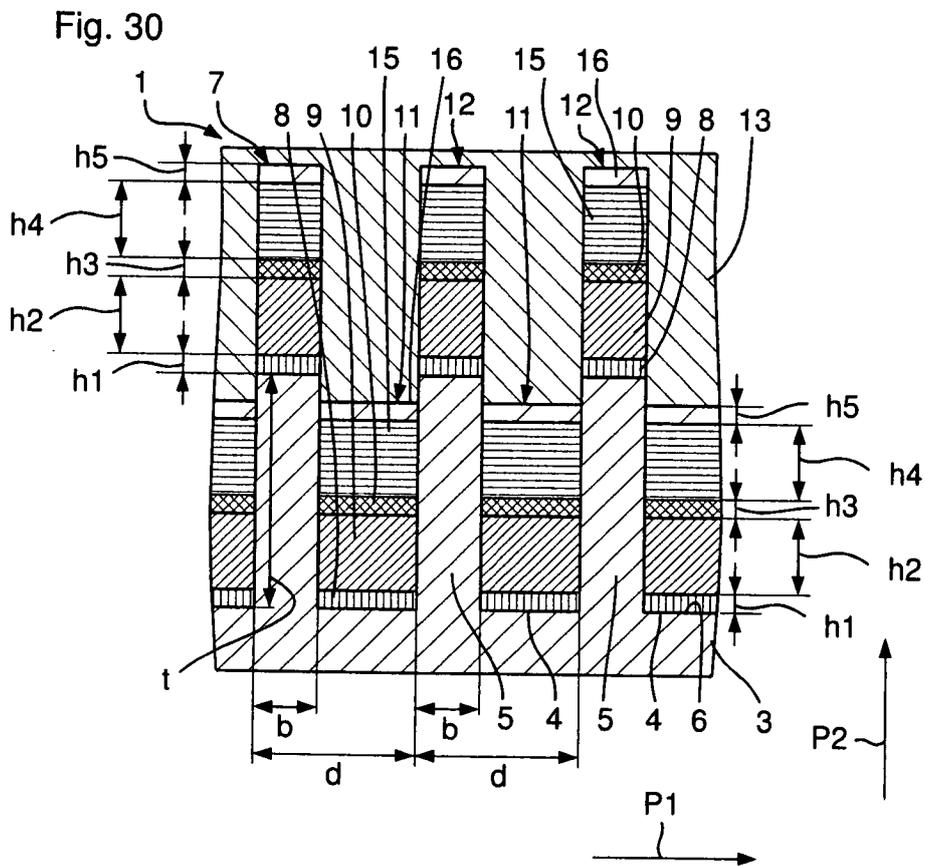
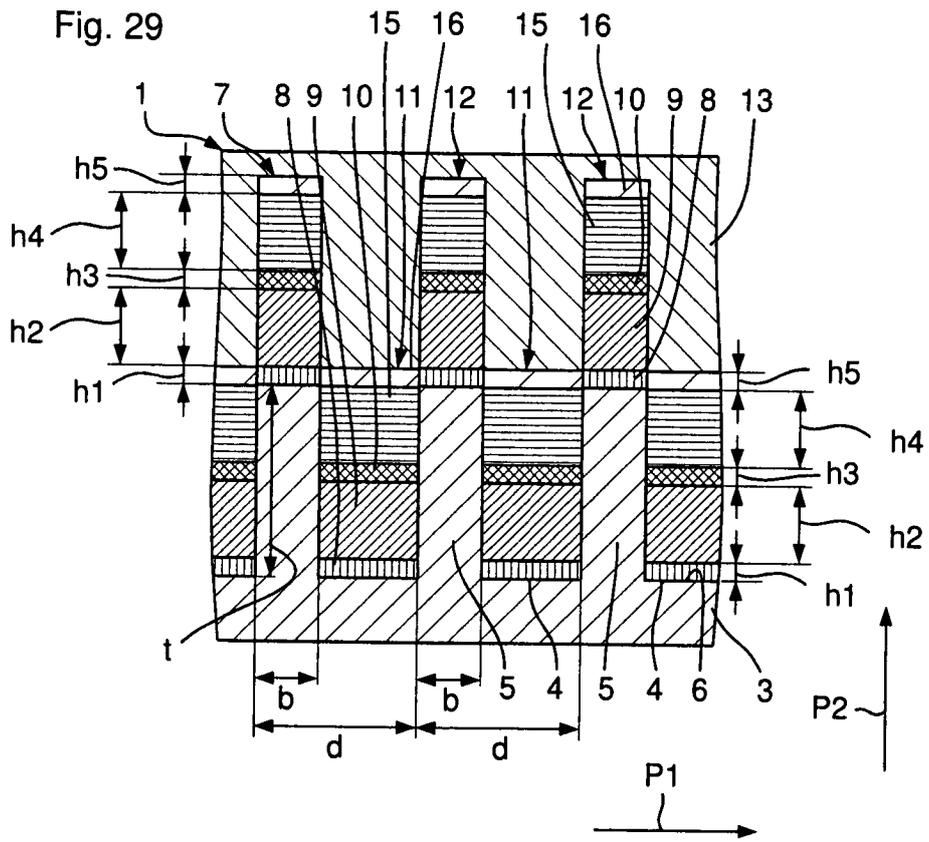


Fig. 31a

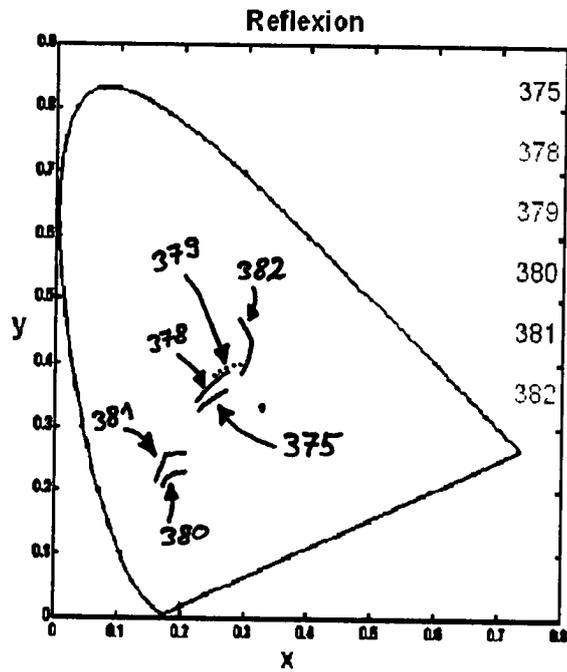


Fig. 31b

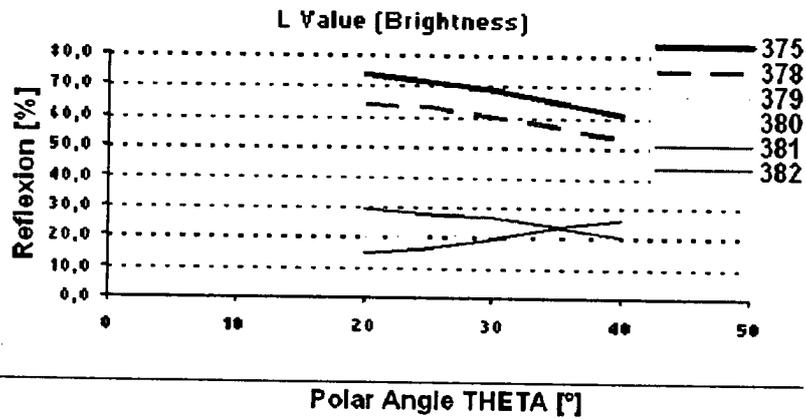


Fig. 31c

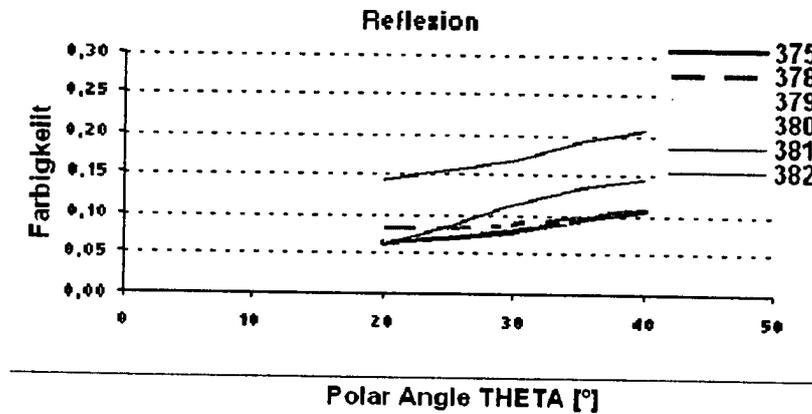


Fig. 32

