



(10) **DE 10 2015 100 520 A1** 2016.07.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 100 520.4**

(22) Anmeldetag: **14.01.2015**

(43) Offenlegungstag: **28.07.2016**

(51) Int Cl.: **B42D 25/45** (2014.01)  
**B05D 7/24** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Leonhard Kurz Stiftung & Co. KG, 90763 Fürth,  
DE; OVD Kinegram AG, Zug, CH**

(74) Vertreter:

**LOUIS, PÖHLAU, LOHRENTZ, 90409 Nürnberg,  
DE**

(72) Erfinder:

**Walter, Harald, Dr., Horgen, CH; Brehm, Ludwig,  
Dipl.-Chem. Dr., 91325 Adelsdorf, DE; Mader,  
Sebastian, Luzern, CH; Tompkin, Wayne Robert,  
Dr., Baden, CH; Ünal, Eser Alper, Dr., 90763 Fürth,  
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	40 17 220	A1
DE	10 2006 037 431	A1
DE	10 2009 031 386	A1
DE	20 2014 104 199	U1
US	2007 / 0 081 246	A1
US	2007 / 0 292 636	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

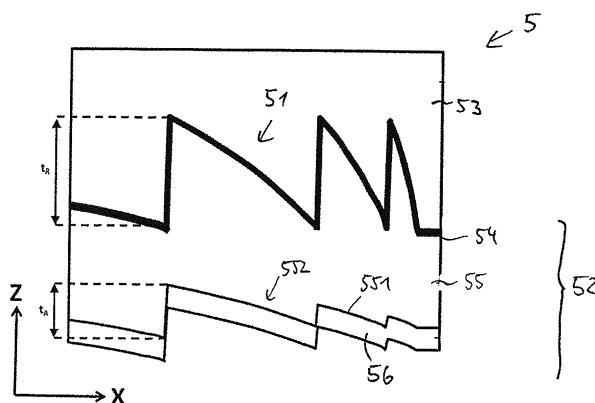
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Mehrschichtkörper und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtkörpers, mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Substratfolie mit einer Replizierschicht;
- Einformen eines für den Betrachter in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinenden Oberflächenreliefs, welches insbesondere von linsenartig gestalteten, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugenden Strukturen gebildet ist, in eine Oberfläche der Replizierschicht;
- Aufbringen einer ersten Metallschicht auf die das Oberflächenrelief ausbildende Oberfläche der Replizierschicht;
- nasschemisches Aufbringen einer zumindest teilweise transparenten Abstandsschicht auf die Metallschicht;
- Aufbringen einer zweiten Metallschicht auf die Abstandsschicht.

Die Erfindung betrifft ferner einen derart hergestellten Mehrschichtkörper.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtkörpers, einen derart hergestellten Mehrschichtkörper, sowie ein Sicherheitselement mit einem solchen Mehrschichtkörper.

**[0002]** Es ist bekannt, Dünnschichtsysteme in Mehrschichtkörpern einzusetzen, welche als Sicherheitselemente verwendet werden. Hierzu wird durch Vakuumauftrag auf ein Substrat eine semitransparente Metallschicht, eine transparente Abstandsschicht und eine zweite opake Metallschicht aufgebracht, so dass ein sogenanntes Fabry-Perot-System erhalten wird, welches einen Farbwechseleffekt bei Änderung des Betrachtungs- oder Beleuchtungswinkels zeigt. Das Substrat kann beispielsweise eine selbsttragende ein- oder mehrschichtige Folie, welche noch weitere aufgebrachte Schichten, beispielsweise Lackschichten, aufweisen kann, sein.

**[0003]** Untersuchungen haben nun gezeigt, dass der Farbwechseleffekt eines derartigen Sicherheitsmerkmals bei senkrechter Betrachtung bzw. relativ steilen Betrachtungswinkeln  $\alpha$  von ca.  $0^\circ$  bis  $20^\circ$  im gesamten Bereich nahezu den gleichen Farbeindruck zeigt, auch wenn in das Substrat oder in eine auf das Substrat aufgebrachte Lackschicht eine Surface-Relief-Struktur abgeformt ist. Unter einer Surface-Relief-Struktur wird ein Oberflächenrelief in Form einer Freiformfläche, die insbesondere von einem linsenartig gestalteten, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugenden Strukturen gebildet ist, verstanden.

**[0004]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Mehrschichtkörper sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung bereitzustellen, welcher einen verbesserten optischen Eindruck und erhöhte Sicherheit gewährleistet.

**[0005]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch einen Mehrschichtkörper mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14 sowie durch ein Sicherheitsdokument mit den Merkmalen des Patentanspruchs 32 gelöst.

**[0006]** Ein solches Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtkörpers umfasst die Schritte:

- a) Bereitstellen einer Substratfolie mit einer Replizierschicht;
- b) Einformen eines für den Betrachter in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinenden Oberflächenreliefs, welches insbesondere von linsenartig gestalteten, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugenden Strukturen gebildet ist, in eine Oberfläche der Replizierschicht;

c) Aufbringen einer ersten Metallschicht auf die das Oberflächenrelief ausbildende Oberfläche der Replizierschicht;

d) nasschemisches Aufbringen einer zumindest teilweise transparenten Abstandsschicht auf die erste Metallschicht;

e) Aufbringen einer zweiten Metallschicht auf die Abstandsschicht, wobei mindestens eine der beiden Metallschichten semi-transparent ausgebildet ist.

**[0007]** Optional kann eine der beiden Metallschichten als opake Spiegelschicht ausgebildet sein.

**[0008]** Hierdurch wird ein Mehrschichtkörper erhalten, der folgenden Schichtaufbau aufweist:

- eine Substratfolie;
- eine auf einer Oberfläche der Substratfolie aufgebrachte Replizierschicht, in deren der Substratfolie abgewandte Oberfläche ein für den Betrachter in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinendes Oberflächenrelief eingebracht ist, welches insbesondere linsenartig gestaltete, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugende Strukturen umfasst;
- eine erste Metallschicht, die auf der das Oberflächenrelief ausbildende Oberfläche der Replizierschicht angeordnet ist;
- eine nasschemisch aufgebrachte, zumindest teilweise transparente Abstandsschicht, die auf einer der Replizierschicht abgewandten Oberfläche der ersten Metallschicht aufgebracht ist, und die optional ein weiteres Oberflächenrelief ausbildet;
- eine zweite Metallschicht, die auf einer der ersten Metallschicht abgewandten Oberfläche der Abstandsschicht aufgebracht ist, wobei mindestens eine der beiden Metallschichten semi-transparent ausgebildet ist.

**[0009]** Optional kann eine der beiden Metallschichten als opake Spiegelschicht ausgebildet sein.

**[0010]** Man erhält also einen Schichtaufbau, in welchem ein Dünnschichtsystem, gebildet aus der ersten Metallschicht, der Abstandsschicht und der zweiten Metallschicht mit einem Oberflächenrelief kombiniert ist. Da die Abstandsschicht auf das (metallisierte) Oberflächenrelief der Replizierschicht aufgebracht wird, können somit beide Grenzflächen der Abstandsschicht jeweils ein Oberflächenrelief ausbilden. Diese beiden Oberflächenreliefs sind mehr oder weniger korreliert, wie im Folgenden noch ausgeführt wird.

**[0011]** Wird die transparente Abstandsschicht nasschemisch aufgebracht, so liegt das Oberflächenrelief, das sich in der der Replizierschicht abgewandten Oberfläche der transparenten Abstandsschicht ausbildet, relaxiert – also abgeschwächt – vor. Die Korrelation der beiden Oberflächenreliefs nimmt also ab.

**[0012]** Insbesondere reduziert sich die Strukturtiefe im weiteren Oberflächenrelief verglichen zum Oberflächenrelief der Replizierschicht. Wie stark relaxiert, sprich abgeschwächt, die Strukturen in der zweiten Grenzfläche vorliegen, hängt u.a. von den naschemischen Beschichtungsparametern, insbesondere der Viskosität und Polarität sowie dem Materialsystem, insbesondere Polymersystem, des verwendeten Lacksystems, aber auch den verwendeten Lösungsmitteln ab. Auch die Nass- sowie die Trockenschichtdicke haben einen merklichen Einfluss.

**[0013]** Ferner haben Messungen gezeigt, dass nicht nur die Strukturtiefe an der zweiten Grenzfläche abnimmt, sondern dass sich teilweise auch die Form der Strukturen ändern kann. Wird beispielsweise eine Fresnelstruktur mit Blaze-Gitter in die Replizierschicht eingebracht, so konnte gezeigt werden, dass die Fresnelstrukturen an der zweiten Grenzfläche nicht nur weniger tief, sondern auch eher sinusförmig vorliegen.

**[0014]** Aufgrund der Formänderung des weiteren Oberflächenreliefs verglichen mit dem Oberflächenrelief der Replizierschicht weist die resultierende Abstandsschicht zwischen diesen beiden Oberflächenreliefs somit eine variable Schichtdicke auf. Da der Farbeindruck eines Dünnschichtsystems durch die Schichtdicke bestimmt wird, erhält man so einen Mehrschichtkörper, dessen Farbe sich über seine Fläche hinweg ändert. Insbesondere können so Farbgradienten oder auch Farbe-zu-Grau-Gradienten realisiert werden. „Grau“ soll hier und im Folgenden für Unbunt oder auch Achromatisch stehen.

**[0015]** Durch die Freiformfläche des Oberflächenreliefs können zusätzlich unterschiedliche optische Effekte realisiert werden, beispielsweise die Ausbildung von Buchstaben, Zahlen, aber auch beliebigen sonstigen Objekten. Weitere Beispiele für die darstellbaren Objekte sind, schematisierte Berge, Länderumrisse, Tiere, Pflanzen oder Pflanzenteile wie Blätter oder auch Gebäude, Brücken, Tore sowie Gesichter insbesondere von berühmten Persönlichkeiten etc. Ferner könne z.B. Logos, die so erscheinen, als ob sie gegenüber der Substrat-Oberfläche vorgewölbt wären und/oder zurückspringen würden, d.h. so, als ob im Bereich der Freiformfläche eine gewölbte Oberfläche vorhanden wäre, erzeugt werden. Die Objekte erhalten also räumliche Tiefe, wobei sich zusätzlich bei geeigneter Ausbildung und Anordnung von linsenartig gestalteten Teilbereichen besonders charakteristische optische Effekte erzielen lassen, die den Wiedererkennungswert und damit die Identifikationswirkung entsprechender optisch variabler Elemente gerade in Kombination mit der durch das Dünnschichtsystem erzeugten Farbvariation stark erhöhen.

**[0016]** Ein derartiger Mehrschichtkörper kann auf einem Sicherheitsdokument angebracht werden, welches bevorzugt als Ausweisdokument, Visadokument, Kreditkarte, Führerschein oder dergleichen ausgebildet ist. Auf diese Weise wird ein optisch ansprechendes und gleichzeitig besonders fälschungssicheres Sicherheitsdokument erhalten werden.

**[0017]** Unter einer zumindest teilweise transparenten Abstandsschicht wird hier eine Schicht mit einer Transmissivität bzw. Transmission von zumindest 50%, bevorzugt mindestens 75% und besonders bevorzugt mindestens 90% verstanden. Die Angaben verstehen sich als Mittelwert der Transmissivität bzw. Transmission über den sichtbaren Wellenlängenbereich von 430 nm bis 690 nm. Die für den Menschen sichtbaren Wellenlängen liegen in dem Bereich zwischen 380 nm und 780 nm des elektromagnetischen Spektrums, wobei die relative Empfindlichkeit des Auges beim Tagsehen unterhalb 430 nm und oberhalb 690 nm typischerweise weniger als 1% des Maximalwertes bei 555 nm beträgt.

**[0018]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Abstandsschicht durch Tiefdrucken, Vorhanggießen, Schlitzgießen, Spin-Coating oder Dip-Coating aufgebracht. Mittels der genannten Verfahren können flüssige Medien, insbesondere Lacke, zuverlässig mit einer vorgegebenen Nassschichtdicke aufgebracht werden. Einige naschemische Methoden zur Aufbringung der Abstandsschicht eignen sich dafür, Abstandsschichten mit lokal gezielt variierender Schichtdicke zu erzeugen. Beispielsweise kann beim Tiefdruck durch Variation der Näpfchenparameter auf der Druckwalze diese lokale Variation realisiert werden. Dies ermöglicht es, gezielt Zwei- oder Mehrfarbeneffekte zu erzeugen. Ferner kann mit einigen naschemischen Methoden die Abstandsschicht nicht nur vollflächig, sondern auch partiell aufgebracht werden.

**[0019]** Bevorzugt wird die Abstandsschicht durch Aufbringen eines Lacks, insbesondere auf der Basis von einem der folgenden Material- bzw. Polymersysteme erzeugt, um so die gewünschten optischen Eigenschaften zu erzielen: Nitrocellulose, Epoxy-, Polyester-, Kolophonium-, Acrylat-, Alkyd-, Melamin-, PVA-, PVC-, Isocyanat- oder Urethansysteme.

**[0020]** Durch geeignete Zusatzstoffe können weitere Eigenschaften solcher Lacke, wie beispielsweise die Viskosität oder Polarität auf gewünschte und vorteilhafte Werte eingestellt werden. Ferner können durch Zusatzstoffe noch zusätzlich unsichtbare Sicherheitsmerkmale hinzugefügt werden. Beispielsweise können den Lacken UV- oder IR-aktive Lumineszenzfarbstoffe, insbesondere Fluoreszenzfarbstoffe, beigemischt sein.

**[0021]** Es ist ferner zweckmäßig, wenn zum Aufbringen der Abstandsschicht ein Lack mit einer Viskosität von 5 mPa·s bis 250 mPa·s, bevorzugt von 15 mPa·s bis 200 mPa·s und besonders bevorzugt zwischen 20 und 170 mPa·s verwendet wird.

**[0022]** Bezüglich der Polarität des Lackes ist es vorteilhaft, wenn die Lösemittel des Lacks zu mindestens 30 % Massenanteil aus Lösemittel mit einem Polaritätsindex größer 3,0, bevorzugt mindestens 50 % Massenanteil aus Lösemittel mit einem Polaritätsindex größer 3,0 bestehen. Der Polaritätsindex wird hierbei wie in Tabelle 2 der EP 2264491 A1 verstanden.

**[0023]** Durch die nasschemischen Beschichtungsparameter, insbesondere die Viskosität und Polarität sowie dem Materialsystem, insbesondere Polymer-system, des verwendeten Lacks, aber auch durch das verwendete Lösungsmittel kann beeinflusst werden, wie stark sich das Oberflächenrelief der Replizierschicht in der Oberfläche der Abstandsschicht abbildet. Damit können die eingangs beschriebenen optischen Eigenschaften des Dünnschichtsystems beeinflusst werden.

**[0024]** Bevorzugt wird die Abstandsschicht mit einer Nassschichtdicke von 1 µm bis 20 µm, bevorzugt von 2 µm bis 10 µm aufgebracht. Sowohl die Nass- als auch die Trockenschichtdicke beeinflussen ebenfalls die resultierende Strukturtiefe des sich in der der Replizierschicht abgewandten Seite der Abstandsschicht ausbildenden Reliefs und damit die optischen Eigenschaften des resultierenden Dünnschichtsystems.

**[0025]** Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn die Abstandsschicht nach dem Aufbringen getrocknet wird, insbesondere bei einer Temperatur von 40°C bis 200°C, bevorzugt von 40°C bis 150°C. Bevorzugt liegt im Trockner der Druckmaschine ein Temperaturgradient vor, wobei die Temperatur am Anfang des Trockners zwischen 40°C und 60°C liegt und zum Ende des Trockners auf 100°C bis 150°C ansteigt.

**[0026]** Hierdurch wird ein kontrolliertes Abdampfen sowie eine kontrollierte Aushärtung des Lacks der Abstandsschicht gewährleistet bei gleichzeitig ausreichender Zeit für die Relaxation der Oberfläche der Abstandsschicht, was ebenfalls Einfluss auf das resultierende Oberflächenrelief hat und eine prozesssichere Fertigung des Mehrschichtkörpers mit konstanter Qualität ermöglicht.

**[0027]** Unter einer semi-transparenten Metallschicht wird eine Metallschicht mit einer Transmissivität bzw. Transmission von zumindest 10 % verstanden. Bevorzugt liegt sie zwischen 20% und 80%, besonders bevorzugt zwischen 25% und 65%. Alternativ wird oftmals anstelle der Transmission die optische Dichte

OD angegeben. Die optische Dichte ist bei den semi-transparenten Metallschichten kleiner oder gleich 1,0. Bevorzugt liegt sie zwischen 0,7 und 0,1 und besonders bevorzugt zwischen 0,6 und 0,18. Weiter bevorzugt ist gleichzeitig die Reflektivität der semi-transparenten Metallschicht zumindest 10 % und bevorzugt mehr als 15 %. Die Angaben verstehen sich als Mittelwert der Transmissivität bzw. Transmission sowie der Reflektivität über den sichtbaren Wellenlängenbereich von 430 nm bis 690 nm.

**[0028]** Es ist ferner bevorzugt, wenn die semi-transparente Metallschicht durch Vakuumauftrag von Cr, Al, Cu, Ti, Ni, Ag oder Legierungen mit diesen Metallen wie z.B. Al<sub>96%</sub>Cu<sub>4%</sub> oder Inconel insbesondere mit einer Schichtdicke von 2 nm bis 20 nm, bevorzugt von 4 nm bis 15 nm erzeugt wird.

**[0029]** Unter einer opaken Spiegelschicht wird eine Metallschicht mit einer Reflektivität von zumindest 60 %, bevorzugt mehr als 70 % und besonders bevorzugt mehr als 80 % verstanden.

**[0030]** Weiterhin ist es bevorzugt, wenn die opake Spiegelschicht durch Vakuumauftrag von Al, Cr, Ag, Cu, oder Legierungen mit diesen Metallen wie z.B. Al<sub>96%</sub>Cu<sub>4%</sub> insbesondere mit einer Schichtdicke von 15 nm bis 100 nm, bevorzugt von 20 nm bis 60 nm erzeugt wird.

**[0031]** Zweckmäßigerweise wird die erste Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht durch Vakuumbedampfung oder Sputtern erzeugt. Hierdurch kann eine konstante Schichtdicke und eine gute optische Qualität der jeweiligen Schicht sichergestellt werden.

**[0032]** Es ist dabei bevorzugt, wenn die erste Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht partiell demetallisiert wird, insbesondere durch Ätzen und/oder Lift-off. Bei der Strukturierung durch Ätzen wird nach dem Aufbringen der jeweiligen Metallschicht ein Ätzresist auf die Metallschicht aufgedruckt und die Metallschicht in den nicht vom Ätzresist bedeckten Bereichen durch ein Ätzmittel, beispielsweise eine Lauge, entfernt. Der Ätzresist kann dann entfernt werden, er kann jedoch auch im Mehrschichtkörper verbleiben und zusätzliche dekorative Funktionen erfüllen, beispielsweise wenn es sich um einen gefärbten oder pigmentierten Resistlack handelt.

**[0033]** Bevorzugt wird die erste Metallschicht und/oder der zweiten Metallschicht so demetallisiert, dass ein demetallisierter Bereich der Metallschicht und/oder der zweiten Metallschicht ein Symbol, Bild, Logo, alphanumerisches Zeichen oder eine Kombination daraus ausbildet.

**[0034]** Hierdurch können zusätzliche optische Informationen oder Designs in den Mehrschichtkörper eingebracht werden.

**[0035]** Es ist weiter bevorzugt, wenn die erste Metallschicht und die zweite Metallschicht so demetallisiert werden, dass die demetallisierten Bereiche in Blickrichtung auf die Flächennormale der von dem Mehrschichtkörper aufgespannten Ebene überlappen. Hierdurch können durchscheinende Designs verwirklicht werden.

**[0036]** Es ist ferner zweckmäßig, wenn die erste Metallschicht und die zweite Metallschicht so demetallisiert werden, dass ein metallischer Bereich einer der Metallschichten die Außenkontur eines demetallisierten Bereichs der jeweils anderen Metallschicht überlappt.

**[0037]** Hierdurch können Positionierungs- oder Registerfehler der Außenkontur durch die jeweils andere Metallschicht zumindest teilweise überdeckt werden, so dass sich ohne großen Positionierungsaufwand ein ansprechendes und registergenau erscheinendes Design ergibt. Unter Registergenauigkeit bzw. Registrierengenauigkeit bzw. Passergenauigkeit wird eine relative Lagegenauigkeit zweier Elemente, z.B. Bereiche oder Schichten zueinander verstanden. Diese Lagegenauigkeit kann mittels sogenannter Registermarken oder Passermarken eingestellt, welche speziell so ausgebildet sind, dass die jeweilige Toleranz der Lagegenauigkeit insbesondere optisch besonders gut abgelesen oder maschinell detektiert werden kann. Diese Registermarken oder Passermarken können dabei separate Elemente darstellen, die beispielsweise in einem Randbereich angeordnet sind. Diese Registermarken oder Passermarken können dabei aber auch integrale Bestandteile des Mehrschichtkörpers darstellen, welche sich optisch eindeutig detektieren lassen, z.B. charakteristische Konturen eines Motivs oder Strukturen des Motivs oder Strukturen des Oberflächenreliefs oder ähnliches.

**[0038]** Es ist vorteilhaft, wenn das Oberflächenrelief und das weitere Oberflächenrelief an den beiden Grenzflächen der Abstandsschicht zumindest teilweise korrelieren.

**[0039]** Unter einer zumindest teilweisen Korrelation der Reliefs wird dabei verstanden, dass die Reliefs ähnlich, aber nicht identisch sind, und insbesondere durch eine Abbildungsfunktion, beispielsweise eine Stauchung, ineinander überführbar sind. Im einfachsten Fall besitzen die Oberflächenreliefs also die gleiche Struktur, jedoch unterschiedliche Relieftiefen. Weiter bevorzugt liegen die Spitzen bzw. die Täler der Reliefstrukturen jeweils übereinander, d.h. die Spitzen des Oberflächenreliefs in der Grenzfläche zwischen der Replizierschicht und der ersten Metallschicht liegen vertikal gesehen über den Spitzen des

Oberflächenreliefs in der Grenzfläche zwischen der Abstandsschicht und der zweiten Metallschicht.

**[0040]** Wie eingangs erläutert, sind jedoch auch strukturelle Unterschiede möglich, wie beispielsweise eine Abrundung eines Blaze-Gitters in eine mehr sinusoidale Querschnittsstruktur. Wie bereits ausgeführt, werden die gewünschten Eigenschaften des Mehrschichtkörpers gerade durch diese teilweise Korrelation ermöglicht, so dass Farbverläufe oder Farbe-zu-Grau-Gradienten im Erscheinungsbild des Mehrschichtkörpers ermöglicht werden.

**[0041]** Es ist dabei besonders vorteilhaft, wenn eine Strukturtiefe des weiteren Oberflächenreliefs höchstens 90%, bevorzugt 80%, weiter bevorzugt höchstens 50% einer Strukturtiefe des Oberflächenreliefs beträgt.

**[0042]** Beträgt die Strukturtiefe des weiteren Oberflächenreliefs mehr als 50% der Strukturtiefe des Oberflächenreliefs, so zeigt sich im Erscheinungsbild des Mehrschichtkörpers eine Farbe-zu-Grau-Gradient, andernfalls ergibt sich ein Verlauf zwischen zwei Farben.

**[0043]** Die Strukturtiefe des Oberflächenreliefs kann zwischen 200 nm und 20 µm liegen. Vorzugsweise beträgt die Strukturtiefe des Oberflächenreliefs 200 nm bis 2000 nm, bevorzugt 300 nm bis 1500 nm. Diese Tiefenbereiche sind besonders geeignet in Kombination mit den nachfolgend beschriebenen bevorzugten Werten für die mittlere Trockenschichtdicke der Abstandsschicht die gewünschten optischen Effekte zu erzielen.

**[0044]** Es ist ferner bevorzugt, wenn die Abstandsschicht eine mittlere Trockenschichtdicke von 200 nm bis 800 nm, bevorzugt von 300 nm bis 700 nm aufweist, wobei die Trockenschichtdicke in lateraler Richtung variabel sein kann.

**[0045]** Die lokale Trockenschichtdicke  $d$  bestimmt zusammen mit dem Brechungsindex  $n$  der Abstandsschicht sowie dem Betrachtungswinkel  $\alpha$  den resultierenden Farbeindruck. Bei einem Brechungsindex von 1,5 und einem Betrachtungswinkel von 30° ergibt sich beispielsweise bei einer Trockenschichtdicke von 425nm ein roter, bei einer Dicke von 350nm einen grünen und bei einer Dicke von 300nm ein blauer Farbeindruck.

**[0046]** Weiter ist es bevorzugt, wenn die Abstandsschicht einen Brechungsindex von 1,35 bis 1,65, bevorzugt von etwa 1,5 aufweist. Wie bereits erläutert, kann durch das Zusammenspiel von Brechungsindex und Trockenschichtdicke der Farbeindruck des Mehrschichtkörpers eingestellt werden.

**[0047]** Vorteilhafterweise weist das Oberflächenrelief Mikrostrukturen mit einem Tiefen-zu-Breiten-Verhältnis von weniger als 0,5, bevorzugt von weniger als 0,4 auf. Die Mikrostrukturen können refraktive – z.B. Mikrospiegel – oder diffraktive Mikrostrukturen – z.B. fresnelartige Diffraktionsgitter – sein.

**[0048]** Bevorzugt ist das Oberflächenrelief in Form einer Freiformfläche als diffraktives Freiformelement mit einer Gitterstruktur ausgebildet.

**[0049]** Es ist dabei vorteilhaft, wenn die Gitterstruktur im Wesentlichen den Umrisslinien der Freiformfläche folgende Gitterlinien umfasst, wobei sich der Abstand der Gitterlinien über die Gitterstruktur hinweg verändert und sich insbesondere vom Mittelbereich der Freiformfläche aus zu deren Rand hin kontinuierlich verändert. Die Periode – sprich der Abstand der Gitterlinien – des Oberflächenreliefs variiert, um die gewünschte Freiformfläche darzustellen. Deshalb ist es weiter bevorzugt wenn das Tiefen-zu-Breiten-Verhältnis in mindestens 80 % der Fläche der Freiformfläche weniger als 0,3 beträgt. Die Gitterlinien können, müssen aber nicht, durchgehend den Umrisslinien der Freiformfläche folgen. Sie können auch unterbrochen sein, insbesondere mit einem Zufallsmuster unterbrochen sein, z.B. um eine streuende Wirkung zu dem Effekt der Gitterstruktur hinzuzufügen. Dies kann den Betrachtungswinkel für den Gesamteffekt vergrößern. Die Gitterstruktur kann auch alternativ oder zusätzlich mit einer matt streuenden Struktur überlagert sein. Sowohl unterbrochene Gitterlinien als auch die Überlagerung mit einer matt streuenden Struktur können zu einem achromatischeren Erscheinungsbild der Gitterstruktur – nicht des Dünnschichtsystems – führen.

**[0050]** Durch eine solche Kombination einer Freiformfläche mit einer Gitterstruktur kann ein diffraktiver Linseneffekt erzielt werden, der dem Mehrschichtkörper das gewünschte Erscheinungsbild verleiht. Eine Besonderheit der von Gitterstrukturen gebildeten diffraktiven Freiformelemente ist darin zu sehen, dass derartige diffraktive Linsenstrukturen – anders als refraktive Linsen – abhängig von der für die Beleuchtung oder Betrachtung des Objekts jeweils verwendeten Licht-Wellenlänge einen verschiedenen visuellen Eindruck erzeugen, wodurch sich wiederum besondere Design- oder Sicherheits-Effekte erzielen lassen.

**[0051]** Dabei ist es bevorzugt, wenn eine Periode der Gitterlinien zumindest in einem Teilbereich der Gitterstruktur weniger als 50  $\mu\text{m}$ , bevorzugt weniger als 30  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als 15  $\mu\text{m}$  beträgt.

**[0052]** Insbesondere durch eine Variation der Periode kann die lokale Trockenschichtdicke beeinflusst werden. Bei einem Lacksystem, welches zu einer

Entkopplung der Grenzflächen – also der beiden Oberflächenreliefs – führt, kann neben der Formänderung bzw. Formnivellierung noch ein weiterer Effekt auftreten. Vermutlich Kapillarkräfte, welche von den Gitterfurchen des Oberflächenreliefs ausgehen, drängen beim Trocknungsprozess der nasschemisch aufgetragenen Abstandsschicht Material der Abstandsschicht in Richtung größerer Periode der Strukturen – typischerweise Richtung des Zentrums des Oberflächenreliefs. Dadurch ist die Schichtdicke im Zentrum, bzw. in Bereichen mit grober Periode  $\Delta x$  größer als am Rand, bzw. in Bereichen mit kleinerer Periode  $\Delta x$  der Reliefstrukturen. Der resultierende Farbgradient ist kontinuierlich und im perfekten Register zu der Form des Oberflächenreliefs. Typischerweise fängt der Bereich mit der zweiten Farbe an, wenn die Periode der Mikrostrukturen  $\leq 30 \mu\text{m}$ , bevorzugt  $\leq 20 \mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 15 \mu\text{m}$  ist.

**[0053]** Es ist weiter bevorzugt, wenn die Substratfolie aus flexibler Kunststoffolie besteht. Beispielsweise besteht die Substratfolie aus PET, PEN, MOPP, PP, PA, PC, COC oder PVC.

**[0054]** Zweckmäßigerweise weist die Substratfolie eine Schichtdicke von 4  $\mu\text{m}$  bis 500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von 8  $\mu\text{m}$  bis 150  $\mu\text{m}$  und besonders bevorzugt von 12  $\mu\text{m}$  bis 50  $\mu\text{m}$  auf.

**[0055]** Es ist weiter vorteilhaft, wenn der Mehrschichtkörper zumindest eine weitere transluzente Lackschicht aufweist, die mittels zumindest eines Farbstoffs und/oder Pigments eingefärbt ist. Vorzugsweise handelt es sich bei dem mindestens einen Farbstoff um einen löslichen Farbstoff oder Lumineszenzstoff. Vorzugsweise werden Farbstoffe aus folgenden Stoffgruppen eingesetzt: Metallkomplexfarbstoffe, insbesondere mit  $\text{Cr}^{3+}$  oder  $\text{Co}^{2+}$  als Zentralatom. Beispiele sind die Neo-Zapon Farbstoffe von BASF und Orasol-Farbstoffe von BASF (ehemals CIBA).

**[0056]** Hierdurch können weitere Farbeffekte erzielt werden, bzw. die Farbeffekte des Dünnschichtsystems gefiltert und moduliert werden. Beispielsweise kann ein roter Farbeindruck des Dünnschichtsystems durch eine gelb eingefärbte transluzente Lackschicht zu einem orangen Farbeindruck moduliert werden.

**[0057]** Dabei ist es insbesondere zweckmäßig, wenn die zumindest eine weitere Lackschicht zwischen der Replizierschicht und der Substratfolie angeordnet ist.

**[0058]** Zusätzlich oder alternativ kann auch die Replizierschicht mittels eines Farbstoffs und/oder Pigments eingefärbt sein, um ebenfalls die genannten Farbeffekte zu erzeugen.

**[0059]** Zusätzlich oder alternativ kann das Oberflächenreliefs in Form einer Freiformfläche noch mit andere Effekte erzeugenden Strukturen kombiniert sein. Beispielsweise kann das Oberflächenrelief noch mit einem 2D-, oder 2D/3D- oder 3D-Hologramm gerastert, insbesondere in einer Interlaced-Anordnung kombiniert sein, welches eine Zahl schwebend über der Freiformfläche darstellt. Bevorzugt ist der Flächenanteil der andere Effekte erzeugenden Strukturen klein, um den Farbeffekt des Oberflächenreliefs in Form einer Freiformfläche in Kombination mit dem Dünnschichtsetup möglichst wenig zu beeinflussen. Bevorzugt ist der Flächenanteil kleiner als 30%, besonders bevorzugt kleiner als 20% und insbesondere bevorzugt  $\leq 10\%$ .

**[0060]** Der Mehrschichtkörper kann als Transferfolie oder als Laminierfolie ausgeführt sein. Bei einer Transfolie ist die Substratfolie mittels einer Ablöschschicht mit den übrigen Schichten des Mehrschichtkörpers, welche eine Transferlage ausbilden, verbunden. Bei der Applikation des Mehrschichtkörpers auf einen Untergrund wird der Mehrschichtkörper auf dem Untergrund befestigt, insbesondere aufgeklebt und anschließend die Substratfolie von der applizierten Transferlage abgezogen. Die Applikation auf den Untergrund kann dabei beispielsweise mittels Heißprägen oder mittels Kaltprägen erfolgen. Bei einer Laminierfolie verbleibt die Substratfolie auch nach der Applikation des Mehrschichtkörpers auf einen Untergrund auf dem Mehrschichtkörper.

**[0061]** Im Folgenden werden die Erfindung und ihre Ausführungsformen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

**[0062]** Fig. 1 Eine schematische Veranschaulichung der Funktionsweise eines Fabry-Perot-Dünnschichtsystems nach dem Stand der Technik;

**[0063]** Fig. 2 Eine schematische Darstellung einer dreidimensionalen Freiformfläche in Draufsicht und im Schnitt;

**[0064]** Fig. 3 Eine schematische Detailansicht eines Oberflächenreliefs, welches die in Fig. 2 gezeigte dreidimensionale Freiformfläche optisch imitiert sowie einen vergrößerten Ausschnitt des Oberflächenreliefs;

**[0065]** Fig. 4 Eine schematische Schnittdarstellung durch einen Mehrschichtkörper mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem nach dem Stand der Technik;

**[0066]** Fig. 5 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0067]** Fig. 6 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0068]** Fig. 7 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0069]** Fig. 8 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0070]** Fig. 9 Reflektionsspektren von Mehrschichtkörpern mit einem Oberflächenrelief und einem Dünnschichtsystem;

**[0071]** Fig. 10 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief, einer Farbschicht und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0072]** Fig. 11 Eine schematische Schnittdarstellung durch ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers mit einem Oberflächenrelief, einer partiellen Metallschicht und einem Dünnschichtsystem mit nasschemisch aufgetragener Abstandsschicht;

**[0073]** Fig. 12 Eine schematische Ansicht eines Sicherheitsdokuments mit einem Mehrschichtkörper nach Fig. 11;

**[0074]** Fig. 13 Eine schematische Ansicht eines mittels eines Mehrschichtkörpers nach Fig. 11 realisierten Motivs;

**[0075]** Fig. 14 Eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte zur Herstellung eines Ausführungsbeispiels eines Mehrschichtkörpers mit partieller Demetallisierung;

**[0076]** Fig. 15 Ein mittels eines Verfahrens nach Fig. 14 hergestelltes Sicherheitselement in der Vorderansicht;

**[0077]** Fig. 16 Eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte zur Herstellung eines alternativen Ausführungsbeispiels eines Mehrschichtkörpers mit partieller Demetallisierung;

**[0078]** Fig. 17 Ein mittels eines Verfahrens nach Fig. 16 hergestelltes Sicherheitselement in der Vorderansicht.

**[0079]** Ein in **Fig. 1** schematisch dargestelltes Fabry-Perot-Dünnschichtsystem **1** besteht aus einer semi-transparenten Schicht **11**, meist einer ersten Metallschicht (z.B. Cr, Al, Cu, Ti, Ag, Ni oder Inconel), einer transparenten Abstandsschicht **12** (z.B.  $\text{MgF}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  oder einem Polymerlack) sowie einer zweiten Metallschicht **13**. Letztere besteht ebenfalls meist aus Metall (z.B. Al, Cr, Ag, Cu). Sie kann opak oder auch semi-transparent sein. Die Schichten **11**, **12**, **13** sind auf eine Substratfolie **2** aufgetragen.

**[0080]** Ein Teil des unter dem Winkel  $\alpha_{\text{in}}$  einfallenden Lichts wird an der semitransparenten ersten Metallschicht **11** reflektiert, ein Teil wird absorbiert und ein Teil wird transmittiert. Der transmittierte Teil durchdringt die transparente Abstandsschicht **12** und wird an der zweiten Metallschicht **13** reflektiert. Der reflektierte Teil des Lichts durchdringt wieder die transparente Abstandsschicht **12** und wird teilweise durch die semitransparente Schicht **11** transmittiert. Dieser transmittierte Teil interferiert mit dem an der semitransparenten Schicht **11** reflektierten Anteil des Lichtes und erreicht das Auge des Betrachters unter dem Winkel  $\alpha_{\text{out}}$  wobei gilt  $\alpha_{\text{in}} = \alpha_{\text{out}} = \alpha$ . Lichtbrechung wurde in dieser schematischen Darstellung vernachlässigt. Aufgrund der Interferenz der Lichtanteile erscheint das Licht für den Betrachter farbig. Der Farbeindruck hängt hierbei u.a. von der Dicke  $d$  sowie dem Brechungsindex  $n$  der Abstandsschicht **12** und dem Winkel  $\alpha$  ab.

**[0081]** Es gibt verschiedene Beschichtungsmethoden mit denen ein derartiges Schichtsystem **1** hergestellt werden kann. Die beiden Metallschichten **11**, **13** werden üblicherweise vakuumtechnisch aufgebracht, z.B. mittels Dampfen oder Sputtern. Die transparente Abstandsschicht **12** kann hingegen einerseits vakuumtechnisch aufgebracht werden, z.B. mittels thermischen Dampfens von  $\text{MgF}_2$ . Andererseits lassen sich solche transparenten Schichten **12** auch nasschemisch herstellen, z.B. mittels Tiefdruck oder Schlitziessen.

**[0082]** Diese verschiedenen Herstellverfahren führen auf glatten Substraten **2** zu sehr ähnlichen Ergebnissen, es wird eine Fläche mit einem homogenen Farbkippeffekt bzw. Farbwechseleffekt erzielt. Auf strukturierten Oberflächen hingegen resultieren nasschemisch aufgebrachte transparente Abstandsschichten **12** in deutlich anderen Schichtverläufen als vakuumtechnisch aufgebrachte Abstandsschichten **12**.

**[0083]** Solche Dünnschichtsysteme **1** können folglich nicht nur auf die in **Fig. 1** gezeigten glatten Oberflächen aufgebracht werden, sondern auch auf strukturierte Oberflächen. Ein Beispiel hierfür ist in **Fig. 2** gezeigt. Oberflächenreliefstrukturen **3** erzeugen eine dreidimensionale Oberfläche, welche aus der Substratebene herauszuragen scheint. Die Form dieser

3D-Oberfläche kann nahezu beliebig gewählt werden (Freiform). In **Fig. 2** imitiert die Oberflächenstruktur **3** einen optisch dreidimensional wirkenden Tropfen als Freiformfläche. Die Strukturen sind eine spezielle Variante von Fresnellinsen. **Fig. 2a** zeigt eine schematische Draufsicht auf ein derartiges Oberflächenrelief **3**, welches den 3D-Tropfen imitiert. Mit A-A' ist ein beispielhafter Schnitt durch diese dreidimensionale Form angezeigt.

**[0084]** Eine schematische Seitenansicht entlang des Schnitts A-A' durch diese dreidimensionale Form zeigt **Fig. 2b**, wobei hier das scheinbar erzeugte (nicht das real vorliegende) Höhenprofil **31** in z'-Richtung dargestellt ist.

**[0085]** Eine derartige dreidimensionale Oberflächenform bzw. ein scheinbares Höhenprofil **31** kann durch fresnellinsenartige Mikrostrukturen **32** optisch erzeugt werden. **Fig. 3a** zeigt eine schematische (nicht massstabsgetreue) Seitenansicht von beispielhaften fresnelartigen Reliefstrukturen **32**, welche die dreidimensionale Tropfenform aus **Fig. 2** optisch erzeugen. Zur Vereinfachung sind nur wenige Furchen der Fresnellinse dargestellt. Bei massstabsgetreuer Darstellung müssten es wesentlich mehr sein. Ferner ist zur einfacheren Darstellung die z-Skala stark gestreckt wiedergegeben. Neben den dargestellten kontinuierlichen Fresnelstrukturen können auch sogenannte binäre Fresnelstrukturen einen ähnlichen Effekt erzeugen. D.h. der vergleichsweise stark 3D-gewölbte Eindruck aus **Fig. 2a**, **Fig. 2b** kann mit speziellen diffraktiven Strukturen simuliert werden, deren Ausdehnung in z-Richtung erheblich geringer sein kann als der erzielte optische Effekt vortäuscht.

**[0086]** **Fig. 3b** zeigt den in **Fig. 3a** mit einem gepunkteten Kreis gekennzeichneten Bereich vergrößert und etwa maßstabsgetreu dargestellt. In den derzeit verwendeten Heißprägefolien ist die kleinste Periode bzw. Strukturbreite  $\Delta x'_{\text{min}}$  der Oberflächenreliefstrukturen **32** ca.  $3\mu\text{m}$  und damit in etwa zwei bis dreimal grösser als die Tiefe  $t_R$ . Das mittlere Tiefen-zu-Breiten Verhältnis der Strukturelemente ist folglich kleiner als 0,5. Typischerweise liegt hierbei die Tiefe der Strukturen  $t_R$  im Bereich von 500 nm bis 1500 nm. Die Winkel der Flanken **321** der Reliefstrukturen **32** sind in Realität folglich deutlich weniger steil als die **Fig. 3a** erscheinen lässt.

**[0087]** In **Fig. 4** ist ein schematischer Querschnitt durch einen aus dem Stand der Technik bekannten Mehrschichtkörper **4** gezeigt. Dieser umfasst eine Substratfolie **41** mit einer Replizierschicht **42**, in die ein Oberflächenrelief **43** eingebracht ist. Auf diese sind jeweils vakuumtechnisch eine semi-transparente erste Metallschicht **44**, eine transparente Abstandsschicht **45** und eine zweite Metallschicht **46** aufgebracht, die ein Dünnschichtsystem **47** der beschriebenen Art bilden. Das replizierte Oberflächen-



relief **43** bildet sich dabei erkennbar in den weiteren Schichten ab. Es ist zu erkennen, dass die replizierten Strukturen nahezu identisch in der zweiten Grenzfläche der transparenten Abstandsschicht **45** – also der Grenzfläche zwischen der Abstandsschicht **45** und der zweiten Metallschicht **46** – vorliegen. Dies ist der Fall bei rein vakuumtechnisch aufgetragenen Abstandsschichten **45**, da hier diese Schichten Stück für Stück aufwachsen. Die Strukturtiefe  $t_A$  auf der dem Replizierlack gegenüberliegenden Seite der Abstandsschicht **45** liegt – bei den typischen Schichtdicken der vakuumtechnisch aufgetragenen Abstandsschicht **45** – meist im Bereich von 90% bis 100% der ursprünglichen Tiefe im Replizierlack  $t_R$ . Die Spitzen der Strukturen können hierbei aber auch leicht abgerundet vorliegen.

**[0088]** Der Farbeffekt eines derartigen Sicherheitsmerkmals – bestehend aus den Reliefstrukturen **43** der Replizierschicht **42**, beschichtet mit dem Dünnschichtsystem **47**, zeigt bei senkrechter Betrachtung bzw. relativ steilen Betrachtungswinkeln  $\alpha$  von ca.  $0^\circ$  bis  $20^\circ$  im gesamten Bereich der Reliefstrukturen nahezu den gleichen Farbeindruck, da die Schichtdicke überall nahezu gleich ist. Der Dünnschichtfilter wirkt also wie in einem flachen – sprich unstrukturierten – Bereich.

**[0089]** Fig. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Mehrschichtkörpers **5**, der ein Oberflächenrelief **51** mit einem Dünnschichtsystem **52** kombiniert. Der Mehrschichtkörper **5** umfasst eine Substratfolie **53**, die bevorzugt aus PET, PEN, MOPP, PP, PA, PC, COC oder PVC besteht und eine Schichtdicke von  $4\ \mu\text{m}$  bis  $500\ \mu\text{m}$ , bevorzugt von  $8\ \mu\text{m}$  bis  $150\ \mu\text{m}$  und besonders bevorzugt von  $12\ \mu\text{m}$  bis  $50\ \mu\text{m}$  aufweist.

**[0090]** In die Substratfolie **53** oder in eine auf der Substratfolie **53** aufgetragene Replizierschicht ist ein Oberflächenrelief **51** eingebracht. Diese ist bevorzugt als diffraktives Freiformelement mit einer Gitterstruktur ausgebildet.

**[0091]** Es ist dabei vorteilhaft, wenn die Gitterstruktur im Wesentlichen den Umrisslinien der Freiformfläche folgende Gitterlinien umfasst, wobei sich der Abstand der Gitterlinien über die Gitterstruktur hinweg verändert und sich insbesondere vom Mittelbereich der Freiformfläche aus zu deren Rand hin kontinuierlich verändert.

**[0092]** Durch eine solche Kombination einer Freiformfläche mit einer Gitterstruktur kann ein diffraktiver Linseneffekt erzielt werden, der dem Mehrschichtkörper das gewünschte Erscheinungsbild verleiht.

**[0093]** Dabei ist es bevorzugt, wenn eine Periode der Gitterlinien zumindest in einem Teilbereich der Gitterstruktur weniger als  $50\ \mu\text{m}$ , bevorzugt weniger

als  $30\ \mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als  $15\ \mu\text{m}$  beträgt.

**[0094]** Auf das Oberflächenrelief **51** ist eine semi-transparente Metallschicht **54** aufgebracht, bevorzugt durch Vakuumbedampfung, Sputtern oder dergleichen. Es ist dabei bevorzugt, wenn die Metallschicht aus Cr, Al, Cu, Ti, Ni, Ag oder Inconel besteht und eine Schichtdicke von  $2\ \text{nm}$  bis  $20\ \text{nm}$ , bevorzugt von  $4\ \text{nm}$  bis  $15\ \text{nm}$  aufweist.

**[0095]** Auf die dem Oberflächenrelief **51** abgewandte Seite der Metallschicht **54** ist nasschemisch, insbesondere mittels Tiefdruck, Vorhanggießen, Schlitzgießen oder dergleichen, eine transparente Abstandsschicht **55** aufgebracht.

**[0096]** Bevorzugt wird die Abstandsschicht **55** durch Aufbringen eines Lacks, insbesondere auf der Basis von Nitrocellulose-, Epoxy-, Polyester-, Kolophonium-, Acrylat-, Alkyd-, Melamin-, PVA-, PVC-, Isocyanat- oder Urethansystemen erzeugt, um so die gewünschten optischen Eigenschaften zu erzeugen.

**[0097]** Der Lack kann dabei weitere Zusatzstoffe, wie z.B. Vernetzer oder Tenside enthalten, um seine physikalisch-chemischen Eigenschaften, wie beispielsweise die Viskosität oder Polarität auf gewünschte und vorteilhafte Werte einzustellen.

**[0098]** Es ist ferner zweckmäßig, wenn zum Aufbringen der Abstandsschicht ein Lack mit einer Viskosität von  $5\ \text{mPa}\cdot\text{s}$  bis  $250\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ , bevorzugt von  $15\ \text{mPa}\cdot\text{s}$  bis  $200\ \text{mPa}\cdot\text{s}$  und besonders bevorzugt zwischen  $20\ \text{mPa}\cdot\text{s}$  und  $170\ \text{mPa}\cdot\text{s}$  verwendet wird. Bezüglich der Polarität des Lackes ist es vorteilhaft, wenn die Lösemittel des Lacks zu mindestens 30% Massenanteil aus Lösemittel mit einem Polaritätsindex größer 3,0, bevorzugt mindestens 50% Massenanteil aus Lösemittel mit einem Polaritätsindex größer 3,0 bestehen. Der Polaritätsindex wird hierbei wie in Tabelle 2 der EP 2264491 A1 verstanden.

**[0099]** Auf der dem Oberflächenrelief **51** abgewandten Seite der Abstandsschicht **55** bildet sich dabei das Oberflächenrelief **51** der Substratfolie **53** ab. Durch die nasschemischen Beschichtungsparameter, insbesondere die Viskosität und Polarität des verwendeten Lacksystems, aber auch durch das verwendete Lacksystem und/oder das oder die Lösungsmittel kann dabei beeinflusst werden, wie stark sich das Oberflächenrelief **51** in der Oberfläche **551** der Abstandsschicht **55** abbildet.

**[0100]** Bevorzugt wird die Abstandsschicht **55** mit einer Nassschichtdicke von  $1\ \mu\text{m}$  bis  $20\ \mu\text{m}$ , bevorzugt von  $2\ \mu\text{m}$  bis  $10\ \mu\text{m}$  aufgebracht. Sowohl die Nass- als auch die Trockenschichtdicke beeinflussen ebenfalls die resultierende Strukturtiefe des sich in der der Replizierschicht **53** abgewandten Seite der Ab-

standsschicht **55** ausbildenden Reliefs **552** und damit die optischen Eigenschaften des resultierenden Dünnschichtsystems **52**.

**[0101]** Nach dem nasschemischen Auftrag wird die Abstandsschicht **55** getrocknet, insbesondere bei einer Temperatur von 40°C bis 200°C, bevorzugt von 40°C bis 150°C. Bevorzugt liegt im Trockner der Druckmaschine ein Temperaturgradient vor, wobei die Temperatur am Anfang des Trockners zwischen 40°C und 60°C liegt und zum Ende des Trockners auf 100°C bis 150°C ansteigt. Hieraus resultiert eine kontrollierte mittlere Trockenschichtdicke von 200 nm bis 800 nm, bevorzugt von 300 nm bis 700 nm, mit dem gewünschten Grad der Korrelation zwischen den beiden Oberflächenreliefs **51**, **552**.

**[0102]** Auf die der Metallschicht **54** abgewandte Seite der Abstandsschicht **55** ist schließlich noch eine zweite Metallschicht **56**, bevorzugt aus Al, Cr, Ag oder Cu mit einer bevorzugten Schichtdicke von 15 nm bis 100 nm, besonders bevorzugt von 20 nm bis 60 nm aufgetragen.

**[0103]** Aufgrund des nasschemischen Auftrags reduziert sich die Strukturtiefe  $t_A$  des in der Abstandsschicht **55** abgebildeten Oberflächenreliefs **552** merklich gegenüber der Strukturtiefe  $t_R$  des Oberflächenreliefs **52** im Substrat **53**, d.h.  $t_A \leq 80\% t_R$ . Wie stark relaxiert, sprich abgeschwächt, die Strukturen in der zweiten Grenzfläche vorliegen, hängt u.a. von den nasschemischen Beschichtungsparametern, insbesondere der Materialbasis, der Viskosität und der Polarität des verwendeten Lacksystems, aber auch den verwendeten Lösungsmitteln ab. Auch die Nass- sowie die Trockenschichtdicke haben einen merklichen Einfluss.

**[0104]** Messungen haben gezeigt, dass nicht nur die Strukturtiefe im Relief **552** der Abstandsschicht **55** abnimmt, sondern, dass sich teilweise auch die Form der Strukturen ändern kann. So zeigen mikroskopische Aufnahmen, dass beispielsweise eine an der ersten Grenzfläche – also zwischen der semi-transparenten Metallschicht **54** und der Abstandsschicht **55** – vorliegende Blazeform von Fresnelstrukturen an der zweiten Grenzfläche – also zwischen der Abstandsschicht **55** und der zweiten Metallschicht **56** – nicht nur weniger tief, sondern auch eher sinusförmig vorliegt. Dies ist schematisch in **Fig. 6** dargestellt.

**[0105]** Aufgrund dieser Formnivellierung und/oder der abnehmenden Korrelation zwischen den beiden Oberflächenreliefs **51**, **552** kann die Dicke der Abstandsschicht relativ stark schwanken, was dann zu einer erheblichen Abschwächung des Farbkontrastes führt. Da der Farbeindruck direkt von der Schichtdicke der Abstandsschicht **55** beeinflusst wird, resultiert eine solche relativ stark schwankende Schichtdicke in einem stark schwankenden Farbeindruck un-

terhalb der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges.

**[0106]** Beispielsweise ergibt eine Schichtdicke der gedruckten Abstandsschicht **55** (Brechungsindex  $n = 1,5$ ) von 425 nm bei einem Betrachtungswinkel von 30° einen roten, mit einer Dicke von 350 nm einen grünen und mit einer Dicke von 300 nm einen blauen Farbeindruck. Die Mischfarbe einer derartigen Abstandsschicht **55** mit unterhalb der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges stark schwankender Schichtdicke erscheint deshalb für das menschliche Auge meist dunkel Grau bzw. metallisch Grau. Die stark schwankende Schichtdicke der Abstandsschicht **55** liegt hauptsächlich in Bereichen der Reliefstruktur **51**, **552** mit feiner Gitterperiode vor. Es ergibt sich in diesem Fall ein Gradient von Farbe in Bereichen mit grober Periode der Reliefstruktur zu Grau/Achromatisch in Bereichen mit feiner Periode der Reliefstruktur. Da der Gradient durch die Strukturen des Oberflächenreliefs **51** erzeugt wird, ist der Farbe-zu-Grau Gradient im perfekten Register zu dem 3D-Eindruck bzw. der dreidimensionalen Oberflächenform der Reliefstrukturen **51**, **552**.

**[0107]** Die starke Schwankung der Schichtdicke der Abstandsschicht **55** liegt hauptsächlich in Gebieten vor in welchen die Periode der Oberflächenrelief-Mikrostrukturen klein – sprich  $\leq 50\mu\text{m}$ , bevorzugt  $\leq 30\mu\text{m}$  insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$  – ist. Durch die resultierende Variation der Schichtdicke der Abstandsschicht **55** ergibt sich ein Farbe-zu-Grau-Gradient, wobei der grau erscheinende Bereich typischerweise beginnt, wenn die Periode der Oberflächenrelief-Mikrostrukturen  $\leq 50\mu\text{m}$ , bevorzugt  $\leq 30\mu\text{m}$  insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$  ist. Der Farbe-zu-Grau-Gradient hebt die Freiformfläche optisch deutlich hervor.

**[0108]** Typischerweise wird die Periode der Mikrostrukturen zum Rand der Freiform hin kleiner, weshalb der Farbe-zu-Grau Gradient meist vom Zentrum der Freiform zum Rand hin verläuft.

**[0109]** Neben einem Farbverlauf oder Farbgradienten von einer ersten Farbe zu einem grauen bzw. metallischen Eindruck ist es auch möglich, einen Verlauf von einer ersten zu einer zweiten Farbe zu realisieren. Hierfür ist es bevorzugt, dass die Korrelation der zwei Grenzflächen der Abstandsschicht **55** sehr gering ist, sprich, dass  $t_A \leq 50\% t_R$  und insbesondere  $t_A \leq 30\% t_R$ . Im Extremfall ist die zweite Grenzfläche zur zweiten Metallschicht hin sogar nahezu glatt ausgebildet, bzw. die Korrelation zwischen den Oberflächenreliefs **51**, **552** (nahezu) komplett aufgehoben. Dies ist eine extreme Form der Formänderung, bzw. Formnivellierung. Die **Fig. 7** und **Fig. 8** zeigen dies in schematischen Seitenansichten.

**[0110]** Insbesondere bei einem Lacksystem, welches zu einer Entkopplung der Grenzflächen führt,

kann neben der Formänderung bzw. Formnivellierung noch ein weiterer Effekt auftreten. Vermutlich Kapillarkräfte, welche von den Relieffurchen ausgehen, drängen beim Trocknungsprozess der nasschemisch aufgetragenen Abstandsschicht **55** Material der Abstandsschicht **55** in Richtung größerer Periode der Strukturen des Oberflächenreliefs – sprich typischerweise Richtung Zentrum der Relief-Form bzw. der gewünschten Freiformfläche. Ferner wird wohl auch Material der Abstandsschicht **55** in Richtung von, das Oberflächenrelief umgebenden, Spiegelflächen oder auch umgebenden Flächen mit flacheren anderen Strukturen gedrängt. Ein Beispiel für diese anderen Strukturen sind Diffraktionsgitter mit Perioden unter  $2\ \mu\text{m}$  und Gittertiefen unter  $200\ \text{nm}$ . Dadurch ist die Schichtdicke im Zentrum der Freiformfläche, bzw. in Bereichen mit grober Periode  $\Delta x$  sowie in den, das Oberflächenrelief umgebenden, Bereichen größer als am Rand der Freiformfläche, bzw. in Bereichen mit kleinerer Periode  $\Delta x$  der Reliefstrukturen. In Bereichen mit relativ großer lokaler Periode  $\Delta x$  der Relief-Strukturen ist die Schichtdicke nahezu gleich zu der Dicke in Bereichen ohne Strukturen, d.h. auf glatter Oberfläche bzw. nahezu gleich zu der Dicke in Bereichen mit flacheren anderen Strukturen. Der Farbgradient ist kontinuierlich und im perfekten Register zu der Form des Oberflächenreliefs. Der Farbgradient hebt dadurch die Freiformfläche optisch deutlich hervor. Typischerweise fängt der Bereich mit der zweiten Farbe an, wenn die Periode der Oberflächenrelief-Mikrostrukturen  $\leq 30\ \mu\text{m}$ , bevorzugt  $\leq 20\ \mu\text{m}$  insbesondere  $\leq 15\ \mu\text{m}$  ist.

**[0111]** Mehrschichtkörper nach Art der Erfindung, welche einen Gradienten von einer ersten Farbe zu einer zweiten Farbe besitzen, könne sogar zwei verschiedene Farbeffekte in dem Bereich mit dem Oberflächenrelief in Form einer Freiformfläche aufweisen. So kann beispielsweise in dem Bereich mit grober Periode  $\Delta x$  ein Farbeffekt von Rot bei nahezu senkrechter Betrachtung zu Grün bei gekippter Betrachtung (z.B.  $30^\circ$ ) vorliegen. Gleichzeitig kann in dem Bereich mit feiner Periode  $\Delta x$  ein Farbeffekt von Grün bei nahezu senkrechter Betrachtung zu Blau bei gekippter Betrachtung (z.B.  $30^\circ$ ) vorliegen.

**[0112]** Insgesamt kann also sowohl ein Farbe-zu-Grau- als auch eine Farbe-zu-Farbe-Verlauf realisiert werden.

**[0113]** Ein Farbverlauf von einer ersten Farbe zu einem metallischen / grauen / achromatischen Eindruck tritt auf wenn, die Relaxation weniger als 50% ist, d.h. wenn  $t_A \geq 50\% t_R$ . Gleichzeitig muss aber gelten  $t_A \leq 90\% t_R$  und bevorzugt  $t_A \leq 80\% t_R$ . In anderen Worten, wenn die Strukturtiefe an der Grenzfläche zwischen der Abstandsschicht und der zweiten Metallschicht zwischen 50% bis 90%, bevorzugt 50% bis 80% der Strukturtiefe an der Grenzfläche

zwischen der Abstandsschicht und der ersten Metallschicht liegt, resultiert ein Farbe/Grau-Gradient.

**[0114]** Ein Farbverlauf von einer ersten zu einer zweiten Farbe tritt vor allem dann auf wenn die Strukturtiefe mehr als 50% relaxiert, d.h. wenn  $t_A \leq 50\% t_R$ . Bevorzugt ist  $t_A \leq 40\% t_R$ , weiter bevorzugt  $t_A \leq 30\% t_R$  und insbesondere bevorzugt  $t_A \leq 20\% t_R$ . In anderen Worten, wenn die Strukturtiefe an der Grenzfläche zwischen der Abstandsschicht und der zweiten Metallschicht **55** kleiner/gleich 50%, bevorzugt kleiner/gleich 40%, besonders bevorzugt kleiner/gleich 30% und insbesondere kleiner/gleich 20% der Strukturtiefe an der Grenzfläche zwischen der Abstandsschicht und der ersten Metallschicht liegt, resultiert ein Gradient zwischen zwei Farben.

**[0115]** Die beschriebenen Fälle lassen sich mittels Spektrometermessungen unterscheiden. **Fig. 9A** bis **Fig. 9C** zeigt Beispiele von gemessenen Spektren bei senkrechtem Einfall – sprich bei  $\alpha = 0^\circ$  – für den in **Fig. 4** gezeigten Fall sehr starker Korrelation der Grenzflächen bei einer vakuumtechnisch aufgetragenen Abstandsschicht nach dem Stand der Technik (**Fig. 9A**), den in **Fig. 5** gezeigten Fall abgeschwächter Korrelation der Oberflächenreliefs bei nasschemischem Auftrag der Abstandsschicht (**Fig. 9B**) und den in **Fig. 7** gezeigten Fall sehr geringer Korrelation der Oberflächenreliefs bei ebenfalls nasschemischem Auftrag der Abstandsschicht (**Fig. 9C**). Es ist je ein Spektrum im Bereich mit grober Periode des Oberflächenreliefs (Mitte, strichlinierter Graph) und je eines im Bereich mit Farbgradient bzw. im Bereich mit kleiner Periode der Oberflächenreliefs (Rand, durchgängiger Graph) gezeigt.

**[0116]** Wie in **Fig. 9A** gezeigt, folgen die Spektren im Mitten- und Randbereich des Oberflächenreliefs bei einer aufgedampften Abstandsschicht im Wesentlichen dem gleichen Verlauf – sprich die Peakmaxima und -minima liegen bei der gleichen Wellenlänge. Das Dünnschichtsystem erscheint daher über den gesamten Bereich der Freiformfläche einfarbig.

**[0117]** In **Fig. 9B** ist zu erkennen, dass im Bereich des Oberflächenreliefs **51** ein Gradient von einer ersten Farbe (Mitte, strichlinierter Graph) zu einem grau/metallischen Eindruck (Rand, durchgängiger Graph) vorliegt, wobei die Differenz  $\Delta R$  zwischen dem Maximum  $R_{\text{max}}$  und dem Minimum  $R_{\text{min}}$  der bei senkrechtem Einfall gemessenen Reflexion im Spektralbereich von  $430\text{nm}$  bis  $690\text{nm}$  im Bereich der ersten Farbe mindestens 3x, bevorzugt mindestens 5x und insbesondere bevorzugt mindestens 7x größer ist als im Bereich mit dem grau/metallischen Eindruck.

**[0118]** Im Fall von **Fig. 9C** ist zu erkennen, dass im Bereich des Oberflächenreliefs **51** ein Gradient von einer ersten (Mitte, strichlinierter Graph) zu einer zweiten Farbe (Rand, durchgängiger Graph) vor-

liegt, wobei die zwei, zu den Farben gehörenden und bei senkrechtem Einfall gemessenen, Reflexionsspektren eine Verschiebung der Wellenlänge  $\Delta\lambda$  mindestens eines der Reflexionspeaks von mindestens 10nm bevorzugt mindestens 20nm und insbesondere mindestens 30nm aufweisen. Dieser Reflexionspeak liegt hierbei üblicherweise im Spektralbereich von 430nm bis 690nm.

**[0119]** Anstelle der bislang beschriebenen Fabry-Perot-Systeme können auch andere Dünnschichtsysteme zum Einsatz kommen, z.B. HLH-Systeme (HLH, LHL, HLHL, LHLH, etc.). Ein konkretes Beispiel hierfür ist eine Bedampfung der replizierten Oberflächenstruktur mit einer Schicht aus hochbrechendem Material (H, H für Hoher Brechungsindex bzw. High refractive Index), z.B. 80nm  $\text{TiO}_2$  oder ZnS. Anschließend wird nasschemisch eine eher niedrigbrechende Abstandsschicht (L, L für Niedriger Brechungsindex bzw. Low refractive Index) der Dicke  $d$  aufgebracht, z.B. 500nm PVC-Lack. Diese Schicht erzeugt den Wegunterschied für die Interferenz der Lichtanteile. In dieser Abstandsschicht liegen die Strukturen in der zweiten Grenzfläche wieder relaxiert vor, was zu einem Gradienten führt. Als dritte Schicht wird wieder eine Schicht aus hochbrechendem Material (H), z.B. 80nm  $\text{TiO}_2$  oder ZnS, aufgebracht, z.B. gedampft. Auch ein derartiges Dünnschichtsystem erzeugt in Zusammenspiel mit den Reliefstrukturen einen Farbeindruck mit Farbverlauf bzw. Farbgradient. Der Vorteil eines solchen Dünnschichtsystems ist, dass es transparent ist und somit beispielsweise in ID-Dokumenten auch über kritischen, insbesondere personalisierten und/oder individualisierten Daten platziert werden kann.

**[0120]** Der Farbverlauf der bisher beschriebenen Mehrschichtkörper **5** lässt sich noch mittels Farbfilter modifizieren, welche sich, vom Betrachter aus gesehen, oberhalb des Dünnschichtstapels befinden. Beispielsweise können in dem Schichtstapel eine oder mehrere Schichten eingefärbt sein.

**[0121]** Fig. 10 zeigt in einer schematischen Seitenansicht das Beispiel eines eingefärbten Mehrschichtkörpers **5**. Der Schichtaufbau entspricht dem in Fig. 5 gezeigten. Zwischen der Replizierschicht **53** und der Substratfolie **57** ist dabei eine zusätzliche eingefärbte Lackschicht **58** mit einer bevorzugten Schichtdicke von 200 nm bis 5  $\mu\text{m}$  vorgesehen. Alternativ kann die Oberflächenreliefstruktur **51** aber auch in einen eingefärbten Replizierlack **53** repliziert werden. Der Farbeindruck des Oberflächenreliefs **51** wird in all diesen Fällen mit dem Farbeindruck des Farbfilters **58** überlagert.

**[0122]** Ein konkretes Beispiel ist eine sogenannte Goldfolie, welche einen indirekt oder direkt gelb eingefärbten Replizierlack **53** aufweist. In einer derartigen Folie würde der beispielsweise bei einem Be-

trachtungswinkel von  $30^\circ$  tiefrote Hintergrund sowie der tiefrote Bereich des Oberflächenreliefs mehr orange erscheinen. Der Chrom-metallische Randbereich des Oberflächenreliefs hingegen würde dunkelgelb wirken. Der Farbgradient wäre demnach nicht mehr tiefrot zu chrom-metallisch, sondern orange zu gelb.

**[0123]** Ein konkretes Beispiel für die Integration der Kombination aus Oberflächenrelief **51** in Form einer Freiformfläche und Dünnschichtsystem **52** nach Art der Erfindung in ein Sicherheitselement **6** mit einem KINEGRAM® ist in Fig. 11 dargestellt.

**[0124]** Hierbei wird ein KINEGRAM-Design repliziert und vollflächig mit einer ersten Aluminiumschicht **61** bedampft. Anschließend wird in einem Standard-Demetallisierungsprozess im Register das Aluminium in dem Bereich **62** mit dem Oberflächenrelief **51** sowie in den Bereichen **63**, wo der Dünnschichteffekt sonst noch zu sehen sein soll, entfernt. Anschließend wird auf der vom Betrachter gesehenen Rückseite der ersten Aluminiumschicht **61** das Dünnschichtsystem **52** aufgebracht, welches den bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen entspricht.

**[0125]** Eine beispielhafte Musterbanknote **7** mit einem derartigen Demetallisierungs-Design zeigt Fig. 12. Ein Sicherheitsstreifen **71** beinhaltet u.a. ein Oberflächenrelief **51**, welches eine Freiformfläche in Löwenform darstellt und welches einen der beschriebenen Farbgradienten aufweist. Dieses Oberflächenrelief **51** liegt in einem demetallisierten Bereich **62** des Streifens vor. Der restliche Streifen weist noch andere Effekte, z.B. diffraktive Effekte, auf. Ferner beinhaltet der Streifen drei demetallisierte Bereiche **63** in Form der Zahl „55“, wobei auch in diesen demetallisierten Bereichen das Fabry-Perot-Dreischichtsystem **52** vorliegt. Die drei Zahlen „55“ zeigen folglich den gleichen bzw. einen sehr ähnlichen Farbkippeffekt wie er in dem Oberflächenrelief **51** in Bereichen mit grober Periode auch vorliegt. Alternativ kann der Farbeffekt in den Bereichen **63** ein anderer als im Bereich **62** sein. Hierfür muss lokal eine andere Dicke der Abstandsschicht **55** vorliegen. In Druckprozessen ist es einfach möglich, gezielt lokal unterschiedliche Dicken zu erzeugen. Dies kann z.B. durch unterschiedliche Tiefe der Näpfechen in einer Tiefdruckwalze in den Bereichen der Walze, welche die Abstandsschicht auf die Bereiche **62** und **63** auftragen, erzielt werden.

**[0126]** Eine weitere Alternative sieht vor, dass zusätzlich in den Bereichen **63** mittels eines oder mehrerer weiterer Demetallisierungsschritte die Metallschichten des Dünnschichtsystems **52** entfernt werden. Dies kann z.B. über einen sogenannten Lift-off-Prozess erreicht werden. In diesem Fall liegt ein Farbeffekt in dem Bereich **62** vor, wohingegen in den Be-

reichen **63** das Substrat ungestört von Metallschichten zu sehen ist.

**[0127]** Fig. 13 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein solches Sicherheitselement **71** im Detail. Der Farbverlauf im Bereich des Oberflächenreliefs **51** ist dabei durch Konturlinien veranschaulicht. Der Hintergrund für das vom Oberflächenrelief **51** gebildete Motiv wird von metallisierten Flächen **72** gebildet.

**[0128]** Der Farbeffekt des Oberflächenreliefs **51** in Form einer Freiformfläche kann wie zuvor beschrieben von der Vorderseite des Substrates zu sehen sein, sprich von der Seite, auf welche der Mehrschichtkörper aufgebracht ist. Alternativ kann der Schichtaufbau auch so gestaltet werden, dass der Farbeffekt durch ein Fenster in dem Sicherheitsdokument, auf welches der Mehrschichtkörper aufgebracht wird, zu sehen ist. In anderen Worten sieht ein Betrachter den Farbeffekt des Oberflächenreliefs, wenn er die Rückseite des Sicherheitsdokumentes betrachtet. Gleichzeitig kann der Mehrschichtkörper so gestaltet sein, dass der Betrachter auf der Vorderseite des Sicherheitsdokumentes das Oberflächenrelief **55** in Form einer Freiformfläche in einer metallisch reflektierenden und räumlich gespiegelten Form sieht. Die Spiegelung kann hierbei nicht nur eine links/rechts Spiegelung sein. Zusätzlich kann auch die Freiformfläche auf der einen Seite des Sicherheitsdokumentes vorgewölbt erscheinen und auf der anderen Seite optisch scheinbar zurückspringen. Dies erhöht den Wiedererkennungswert und damit die Identifikationswirkung zusätzlich.

**[0129]** Fig. 14 zeigt ein alternatives Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtkörpers **5** mit partieller Demetallisierung der Metallschichten **54**, **56**. Auf die Substratfolie **53** mit einem Oberflächenrelief **51** der beschriebenen Art wird auch hier, wie bereits erläutert eine erste Metallschicht **54** aufgebracht. In diesem Ausführungsbeispiel ist die erste Metallschicht **54** als opake Spiegelschicht ausgebildet. Diese wird mit einem Ätzresist **8** überdruckt, der in zu demetallisierenden Bereichen **541** ausgespart bleibt. In diesen Bereichen **541** kann die Metallschicht **54** dann durch Ätzen entfernt werden (Fig. 14A).

**[0130]** Nach dem Ätzen kann der Ätzresist **8** durch geeignete Lösemittel wieder entfernt werden (Fig. 14B) und die freigelegte Metallschicht **54** mit der transparenten Abstandsschicht überdruckt werden (Fig. 14C).

**[0131]** Vor dem Auftrag der zweiten Metallschicht **56** wird auf die Abstandsschicht **55** ein Lift-Off-Lack **9** in denjenigen Bereichen **561** aufgetragen, in denen die zweite Metallschicht **56** später entfernt werden soll (Fig. 14D). Die zweite Metallschicht **56** wird dann vollflächig aufgebracht (Fig. 14E). Beim Entfernen des Lift-Off-Lacks **9** durch ein geeignetes Lösemittel

wird in den Bereichen **561** die zweite Metallschicht **56** ebenfalls mit entfernt (Fig. 14F).

**[0132]** Man erhält somit demetallisierte Bereiche **541** und **561** in den beiden Metallschichten, die sich überlappen und die ein Motiv ausbilden können. In den demetallisierten Bereichen **541** und **561** liegt dabei kein Dünnschichteffekt vor. Bringt man den Mehrschichtkörper **5** mittels einer geeigneten Kleberschicht **57** auf ein Sicherheitsdokument, beispielsweise eine Banknote **7** auf (Fig. 14G), so erlauben die demetallisierten Bereiche den Blick auf das Substrat der Banknote. Der demetallisierte Bereich **541** bildet dabei, wie in Fig. 15 zu erkennen, die Zahl „55“ aus, während der demetallisierte Bereich **561** das Oberflächenrelief umrahmt.

**[0133]** Der Bereich des Oberflächenreliefs **51** ist über einem Fenster **72** der Banknote angeordnet, so dass der Oberflächeneffekt mit dem durch das Dünnschichtsystem **52** erzeugten Farbwechseleffekt von der anderen Seite der Banknote **7** zu erkennen ist. Die demetallisierten Bereiche **541** und **561** werden bei der Betrachtung durch das Fenster **72** dagegen vom Substrat der Banknote **7** verdeckt.

**[0134]** Fig. 16 zeigt ein weiteres alternatives Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtkörpers **5** mit partieller Demetallisierung der Metallschichten **54**, **56**. Auf die Substratfolie **53** mit einem Oberflächenrelief **51** der beschriebenen Art wird auch hier, wie bereits erläutert eine erste Metallschicht **54** aufgebracht. Diese wird mit einem Ätzresist **8** überdruckt, der in zu demetallisierenden Bereichen **541** ausgespart bleibt. In diesen Bereichen **541** kann die Metallschicht **54** dann durch Ätzen entfernt werden (Fig. 16A). Zusätzlich bleibt hier auch der Bereich des Oberflächenreliefs **51** zunächst ausgespart. Der Ätzresist **8** wird in dieser Ausführungsform nicht entfernt und kann zusätzliche dekorative Funktionen übernehmen.

**[0135]** In den auszusparenden Bereichen **541** wird nun ein Lift-Off-Lack **9** aufgedruckt (Fig. 16B). Anschließend wird eine weitere, semi-transparente Metallschicht **58**, bevorzugt aus Chrom, vollflächig aufgedampft (Fig. 16C) und durch Ablösen des Lift-Off-Lacks **9** in den Bereichen **541** wieder entfernt (Fig. 16D). Damit ist nun auch der Bereich des Oberflächenreliefs **51** metallisiert.

**[0136]** Analog zu den bereits beschriebenen Verfahren wird nun die Abstandsschicht **55** aufgebracht (Fig. 16E) und vollflächig mit Metall bedampft (Fig. 16F). Auf die so erzeugte, in diesem Ausführungsbeispiel opake, zweite Metallschicht **56** wird wieder partiell ein Ätzresist **8** aufgedruckt (Fig. 16G) und die Metallschicht **56** in den ausgesparten Bereichen **561** durch Ätzen entfernt (Fig. 16H). Auch hier überlappen die Bereiche **541** und **561** wieder.

**[0137]** Der Mehrschichtkörper kann nun wieder mittels einer Kleberschicht **57** auf eine Banknote **7** gebracht werden (**Fig. 16I**). In dieser Ausführungsform ist die Substratfolie **53** entfernt (Heißprägevariante) und kein Fenster vorgesehen. Der Mehrschichtkörper **5** zeigt den gewünschten Effekt bei direkter Betrachtung von der Seite der Substratfolie **53** her. Wie in **Fig. 17** zu erkennen, bildet der demetallisierte Bereich **541** wieder die Zahl „55“ aus. Der demetallisierte Bereich **561** bildet eine Umrahmung für das Oberflächenrelief **51**, welche allerdings von der Metallschicht **54** überdeckt wird. Die ovale Form des Mehrschichtkörpers kann erzeugt werden, indem der Mehrschichtkörper **5** mittels Heißprägen mit einem der ovalen Außenkontur entsprechend geformten Heißprägestempel auf die Banknote **7** appliziert wird. Dabei werden die übrigen Schichten des Mehrschichtkörpers **5** von der Substratfolie **53** nur in dem Bereich abgelöst und gemeinsam als Transferlage auf die Banknote **7** appliziert, wo der ovale Heißprägestempel auf die Substratfolie **53** mittels Druck und Hitze einwirkt und dabei die bevorzugt als hitzeaktivierbare Kleberschicht ausgebildete Kleberschicht **57** des Mehrschichtkörpers **5** aktiviert.

**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**

- EP 2264491 A1 [0022, 0098]

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Mehrschichtkörpers, mit den Schritten:

- a) Bereitstellen einer Substratfolie mit einer Replizierschicht;
  - b) Einformen eines für den Betrachter in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinenden Oberflächenreliefs, welches insbesondere von linsenartig gestalteten, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugenden Strukturen gebildet ist, in eine Oberfläche der Replizierschicht;
  - c) Aufbringen einer ersten Metallschicht auf die das Oberflächenrelief ausbildende Oberfläche der Replizierschicht;
  - d) nasschemisches Aufbringen einer zumindest teilweise transparenten Abstandsschicht auf die erste Metallschicht;
  - e) Aufbringen einer zweiten Metallschicht auf die Abstandsschicht,
- wobei mindestens eine der beiden Metallschichten semi-transparent ausgebildet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht durch Tiefdrucken, Vorhanggießen, Schlitzgießen, Spin-Coating oder Dip-Coating aufgebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht durch Aufbringen eines Lacks, insbesondere auf der Basis von Nitrocellulose, Epoxy-, Polyester-, Kolophonium-, Acrylat-, Alkyd-, Melamin-, PVA-, PVC-, Isocyanat- oder Urethansystemen erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Aufbringen der Abstandsschicht ein Lack mit einer Viskosität von 5 mPa·s bis 250 mPa·s, bevorzugt von 15 mPa·s bis 200 mPa·s und besonders bevorzugt zwischen 20 und 170 mPa·s und/oder mit mindestens 30 % Massenanteil eines Lösemittels mit einem Polaritätsindex größer 3,0, bevorzugt mindestens 50 % Massenanteil eines Lösemittels mit einem Polaritätsindex größer 3,0 verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht mit einer Nassschichtdicke von 1 µm bis 20 µm, bevorzugt von 2 µm bis 10 µm aufgebracht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht nach dem Aufbringen getrocknet wird, insbesondere bei einer Temperatur von 40°C bis 200°C, bevorzugt von 40°C bis 150°C.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder

zweite Metallschicht durch Vakuumauftrag von Cr, Al, Cu, Ti, Ni, Ag oder Inconel insbesondere mit einer Schichtdicke von 2 nm bis 20 nm, bevorzugt von 4 nm bis 15 nm erzeugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste oder zweite Metallschicht durch Vakuumauftrag von Al, Cr, Ag, Cu, mit einer Schichtdicke von 15 nm bis 100 nm, bevorzugt von 20 nm bis 60 nm erzeugt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht durch Vakuumbedampfung oder Sputtern erzeugt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und/oder die zweite Metallschicht partiell demetallisiert wird, insbesondere durch Ätzen und/oder Lift-off.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und/oder der zweiten Metallschicht so demetallisiert wird, dass ein demetallisierter Bereich der Metallschicht und/oder der zweiten Metallschicht ein Symbol, Bild, Logo, alphanumerisches Zeichen oder eine Kombination daraus ausbildet.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und die zweite Metallschicht so demetallisiert werden, dass die demetallisierten Bereiche in Blickrichtung auf die Flächennormale der von dem Mehrschichtkörper aufgespannten Ebene überlappen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Metallschicht und die zweite Metallschicht so demetallisiert werden, dass ein metallischer Bereich einer der Metallschichten die Außenkontur eines demetallisierten Bereichs der jeweils anderen Metallschicht überlappt.

14. Mehrschichtkörper, insbesondere erhältlich nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend:

- eine Substratfolie;
- eine auf einer Oberfläche der Substratfolie aufgebraute Replizierschicht, in deren der Substratfolie abgewandten Oberfläche ein für den Betrachter in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinendes Oberflächenrelief eingebracht ist, das insbesondere linsenartig gestaltete, einen Vergrößerungs-, Verkleinerungs- oder Verzerrungseffekt erzeugende Strukturen umfasst;
- eine erste Metallschicht, die auf der das Oberflächenrelief ausbildenden Oberfläche der Replizierschicht angeordnet ist;



– eine nasschemisch aufgebrachte, zumindest teilweise transparente Abstandsschicht, die auf einer der Replizierschicht abgewandten Oberfläche der Metallschicht aufgebracht ist, und die ein weiteres Oberflächenrelief oder eine glatte Oberfläche ausbildet;

– eine zweite Metallschicht, die auf einer der ersten Metallschicht abgewandten Oberfläche der Abstandsschicht aufgebracht ist.

15. Mehrschichtkörper nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Oberflächenrelief und das weitere Oberflächenrelief zumindest teilweise korrelieren.

16. Mehrschichtkörper nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Strukturtiefe des weiteren Oberflächenreliefs höchstens 90%, bevorzugt 80%, weiter bevorzugt höchstens 50% einer Strukturtiefe des Oberflächenreliefs beträgt.

17. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strukturtiefe des Oberflächenreliefs 200 nm bis 2000 nm, bevorzugt 300 nm bis 1500 nm, beträgt.

18. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht eine Trockenschichtdicke von 200 nm bis 800 nm, bevorzugt von 300 nm bis 700 nm aufweist, wobei im Bereich des, in Form einer dreidimensionalen Freiformfläche erscheinenden, Oberflächenreliefs die Trockenschichtdicke über die Abstandsschicht variabel ist.

19. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abstandsschicht einen Brechungsindex von 1,35 bis 1,65, bevorzugt von 1,5 aufweist.

20. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Oberflächenrelief Mikrostrukturen mit einem Tiefen-zu-Breiten-Verhältnis von weniger als 0,5, bevorzugt von weniger als 0,4 aufweist.

21. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Freiformfläche als diffraktives Freiformelement mit einer Gitterstruktur ausgebildet ist.

22. Mehrschichtkörper nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gitterstruktur im Wesentlichen den Umrisslinien der Freiformfläche folgende Gitterlinien umfasst, wobei sich der Abstand der Gitterlinien über die Gitterstruktur hinweg verändert und sich insbesondere vom Mittelbereich der Freiformfläche aus zu deren Rand hin kontinuierlich verändert.

23. Mehrschichtkörper nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Periode der Gitterlinien zumindest in einem Teilbereich der Gitterstruktur weniger als 50 µm, bevorzugt weniger als 30 µm, besonders bevorzugt weniger als 15 µm beträgt.

24. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Substratfolie aus einem flexiblen Kunststoff, insbesondere aus PET, PEN, MOPP, PP, PA, PC, COC oder PVC besteht.

25. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Substratfolie eine Schichtdicke von 4 µm bis 500 µm, bevorzugt von 8 µm bis 150 µm und besonders bevorzugt von 12 µm bis 50 µm aufweist.

26. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder zweite Metallschicht aus Cr, Al, Cu, Ti, Ni, Ag oder Inconel besteht.

27. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und/oder zweite Metallschicht eine Schichtdicke von 2 nm bis 20 nm, bevorzugt von 4 nm bis 15 nm aufweist.

28. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste oder zweite Metallschicht eine Schichtdicke von 15 nm bis 100 nm, bevorzugt von 20 nm bis 60 nm aufweist.

29. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mehrschichtkörper zumindest eine Lackschicht aufweist, die mittels eines Farbstoffs und/oder Pigments eingefärbt ist.

30. Mehrschichtkörper nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Lackschicht zwischen der Replizierschicht und der Metallschicht angeordnet ist.

31. Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Replizierschicht mittels eines Farbstoffs und/oder Pigments eingefärbt ist.

32. Sicherheitsdokument mit einem Mehrschichtkörper nach einem der Ansprüche 14 bis 31.

33. Sicherheitsdokument nach Anspruch 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Sicherheitsdokument als Ausweisdokument, Visadokument, Kreditkarte, Führerschein oder dergleichen ausgebildet ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

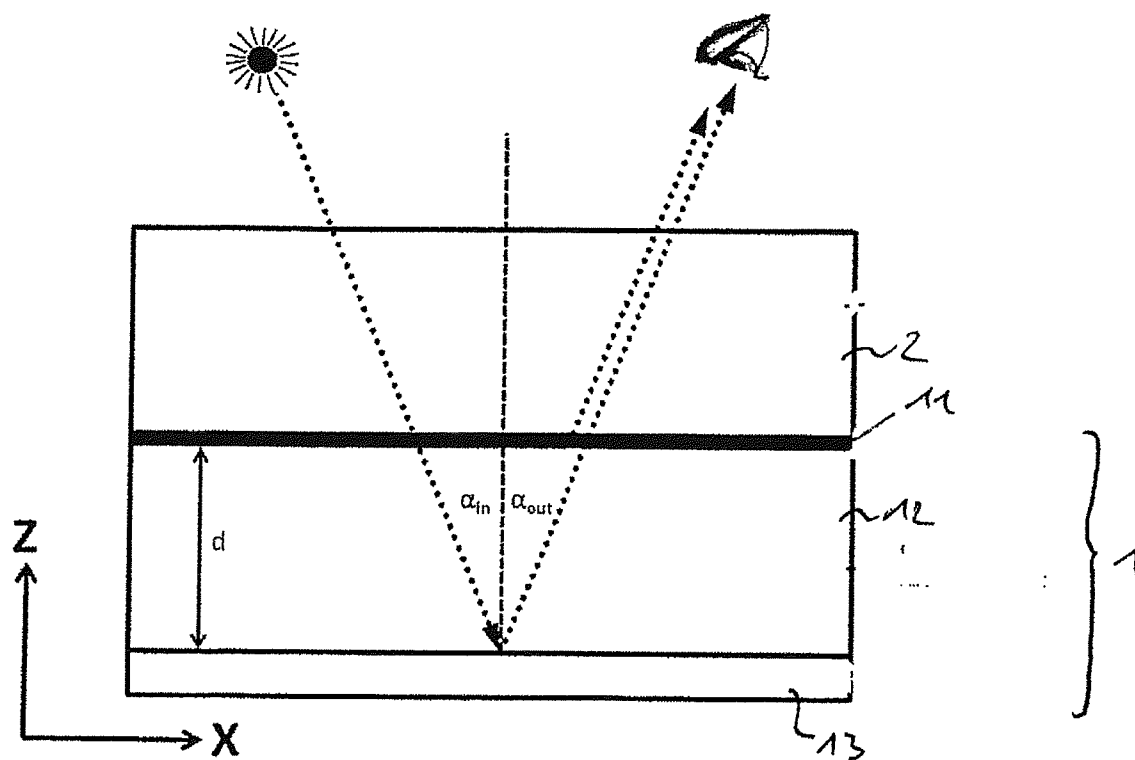


Fig. 1

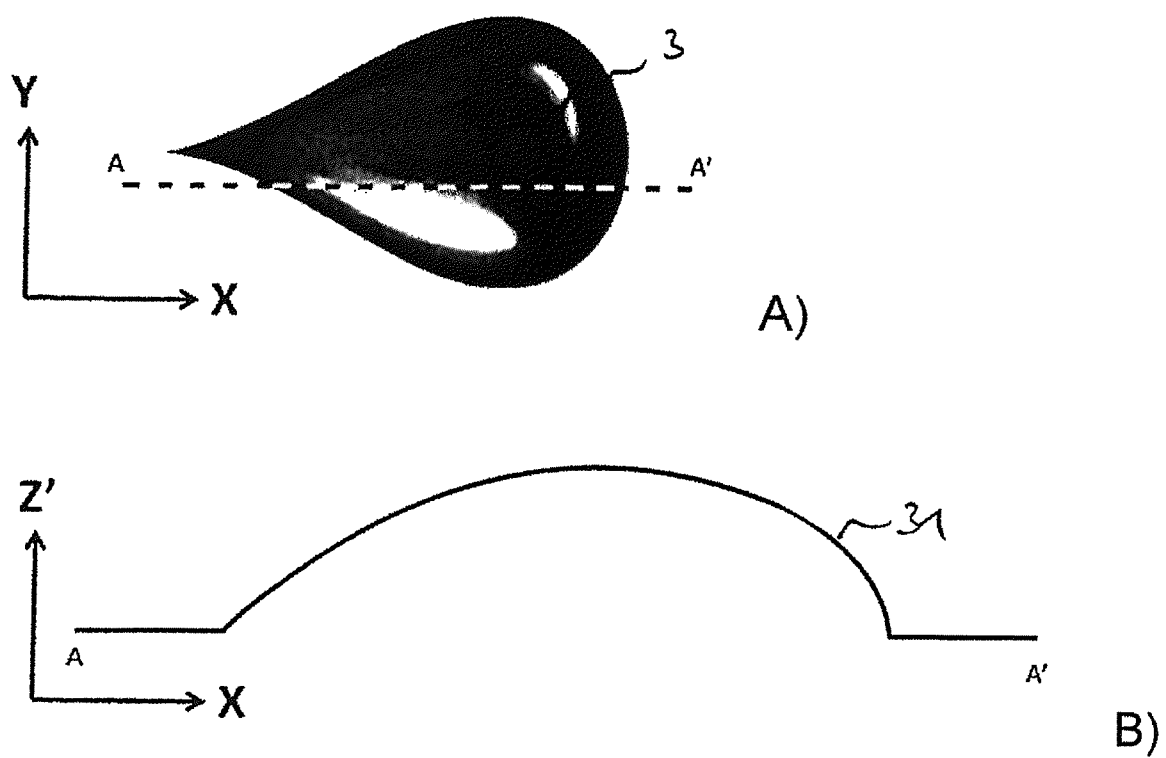


Fig. 2

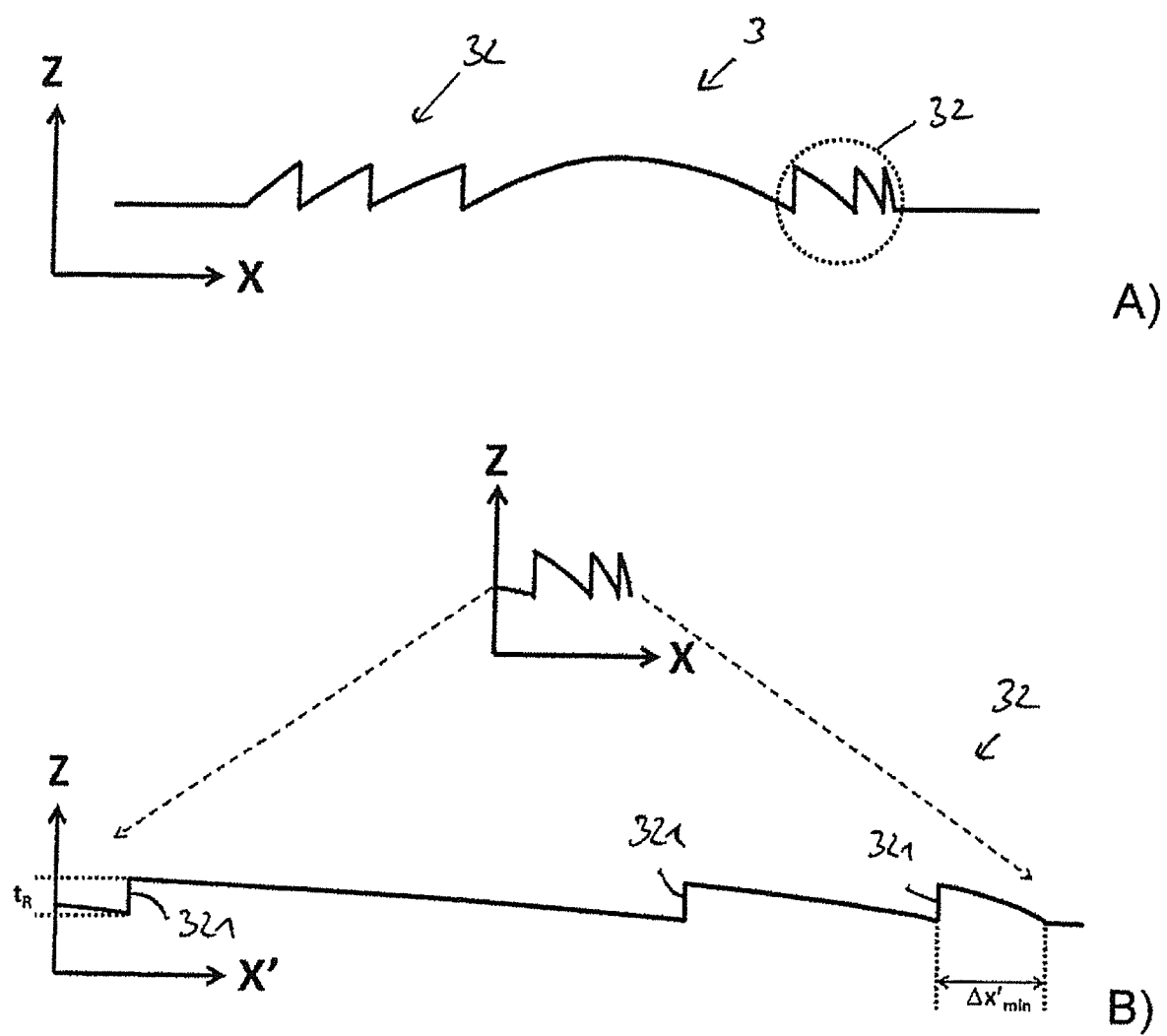


Fig. 3

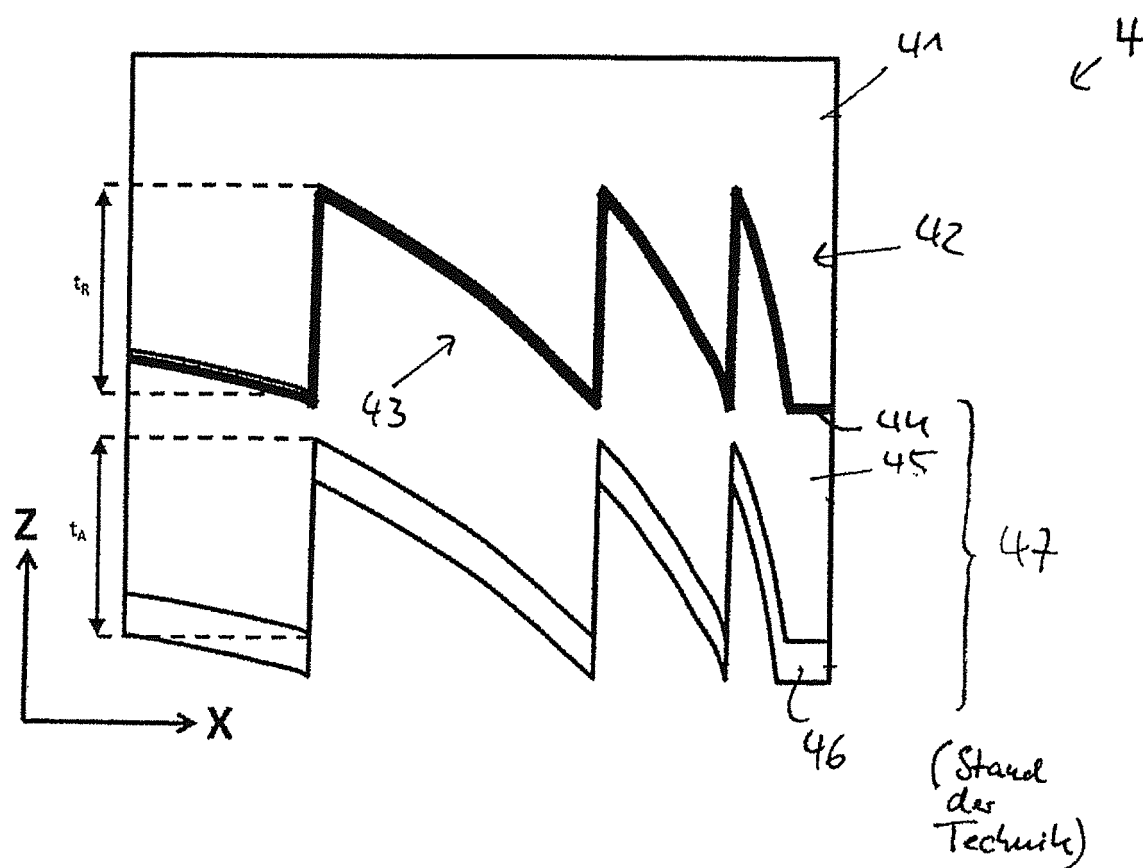


Fig. 4

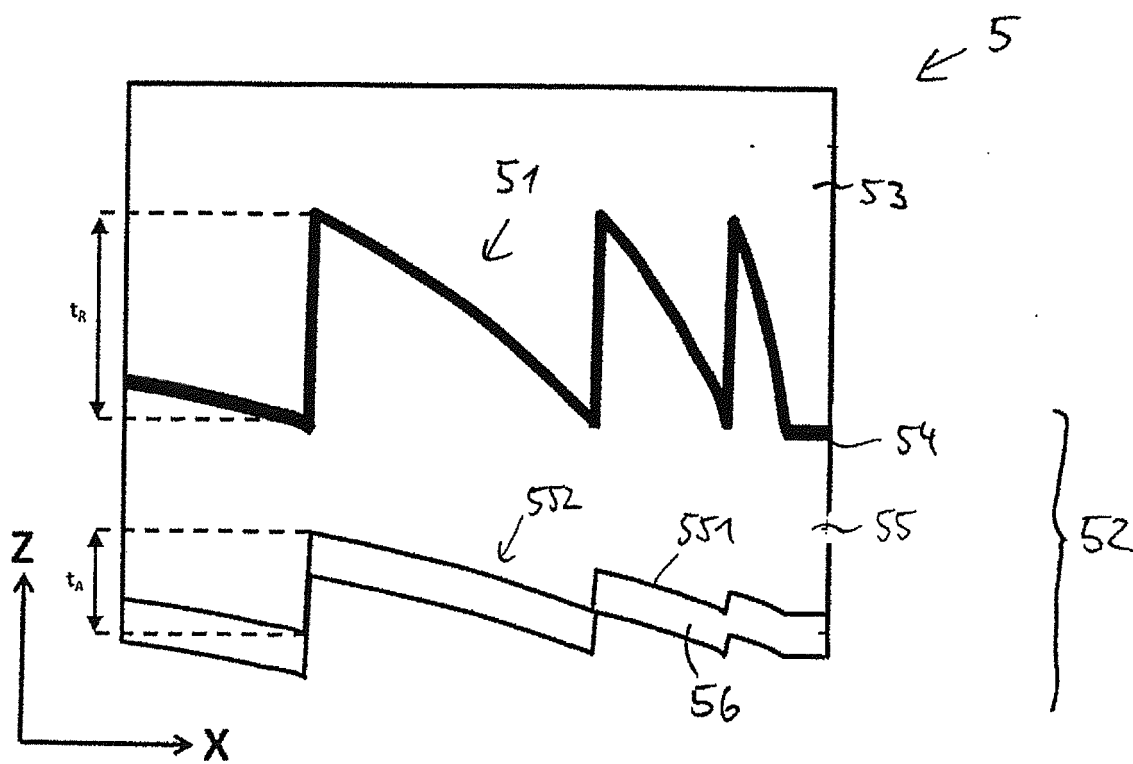


Fig. 5

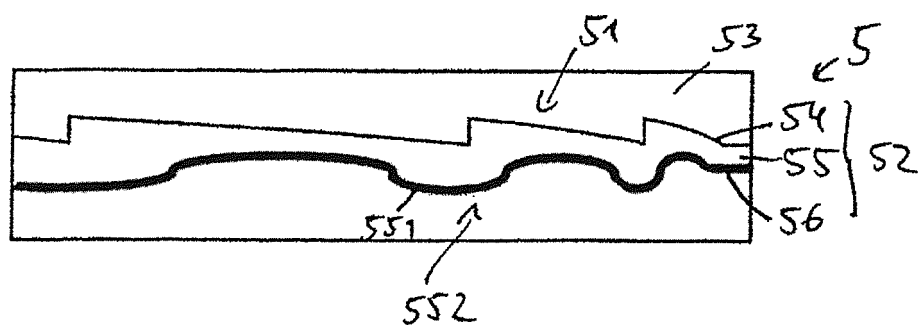


Fig. 6

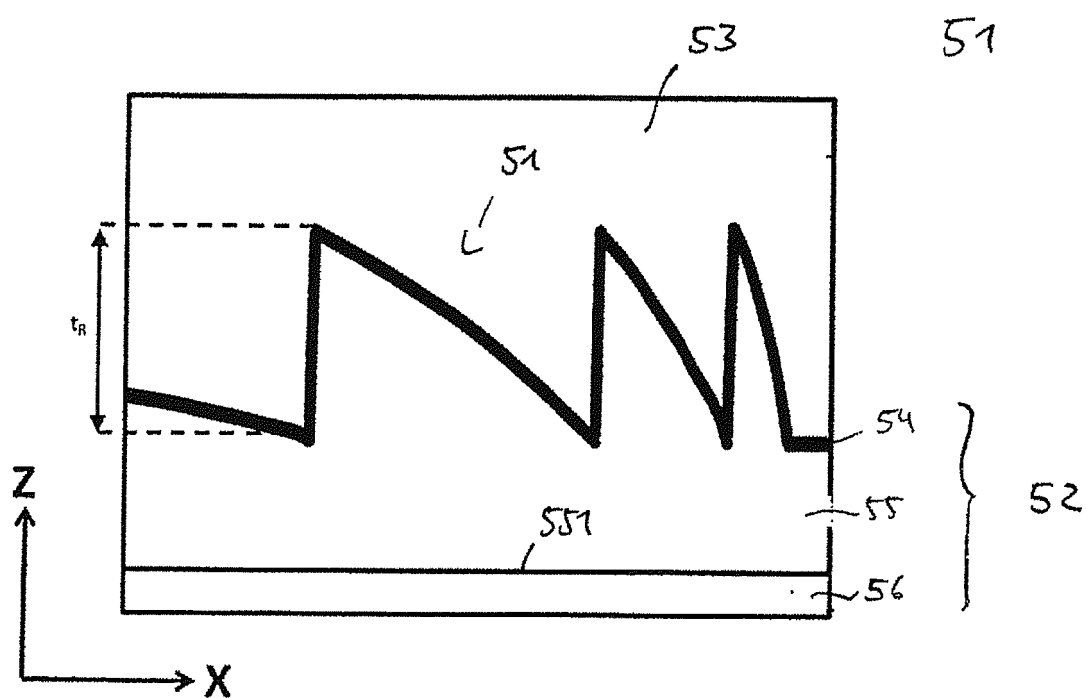


Fig. 7

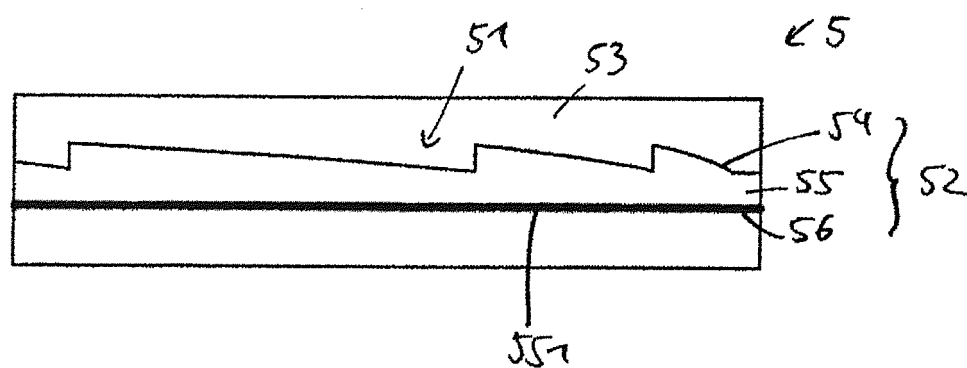
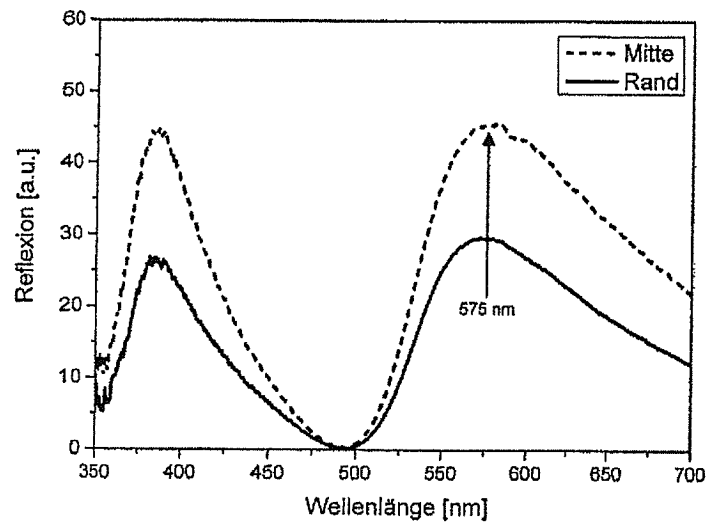
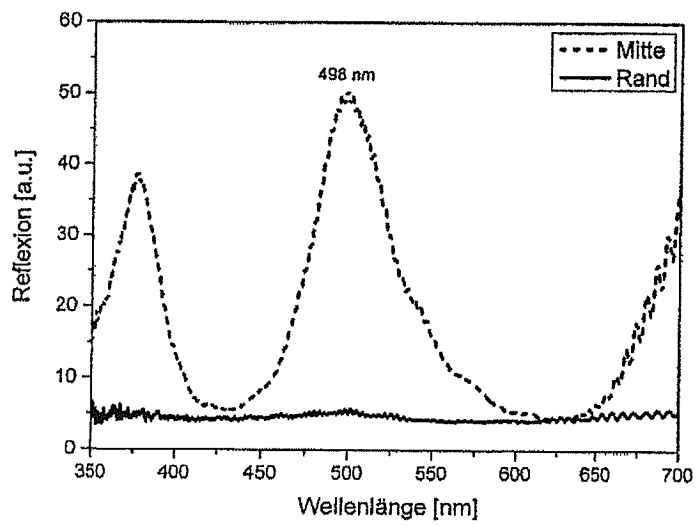


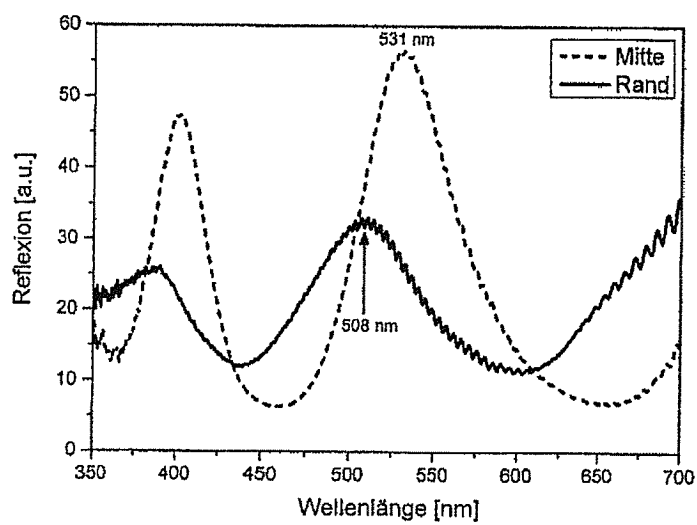
Fig. 8



A)



B)



C)

Fig. 9

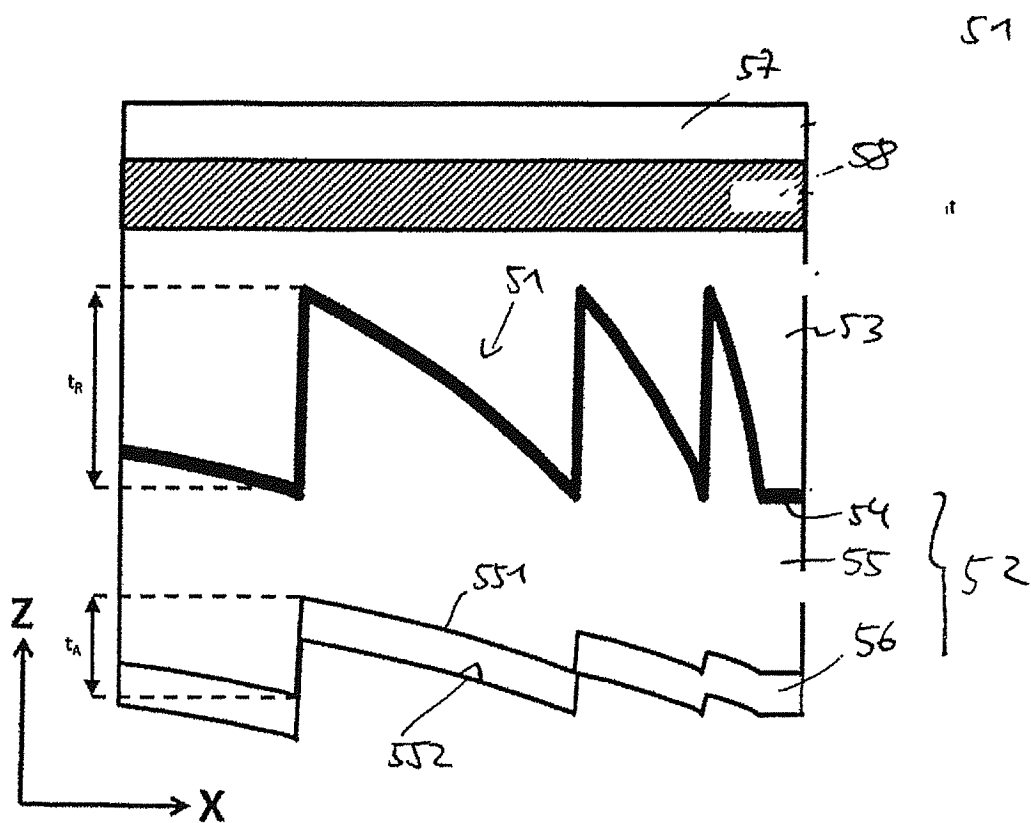


Fig. 10

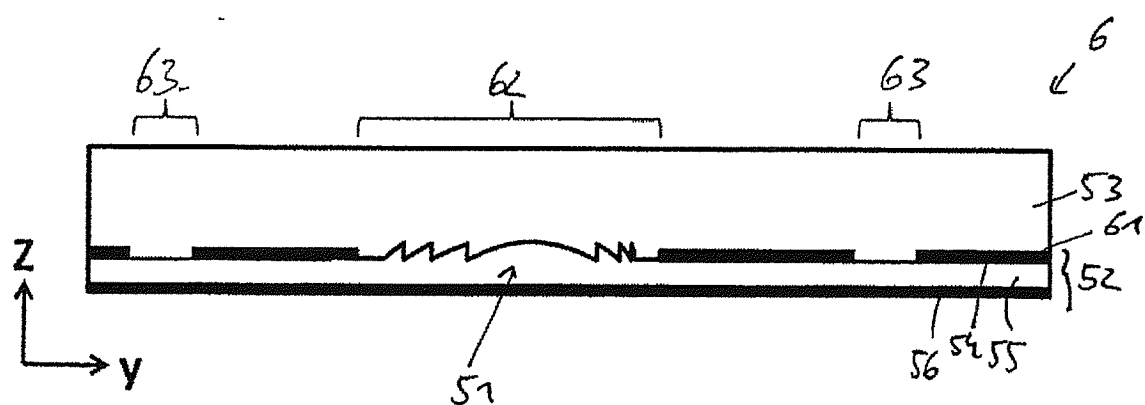


Fig. 11

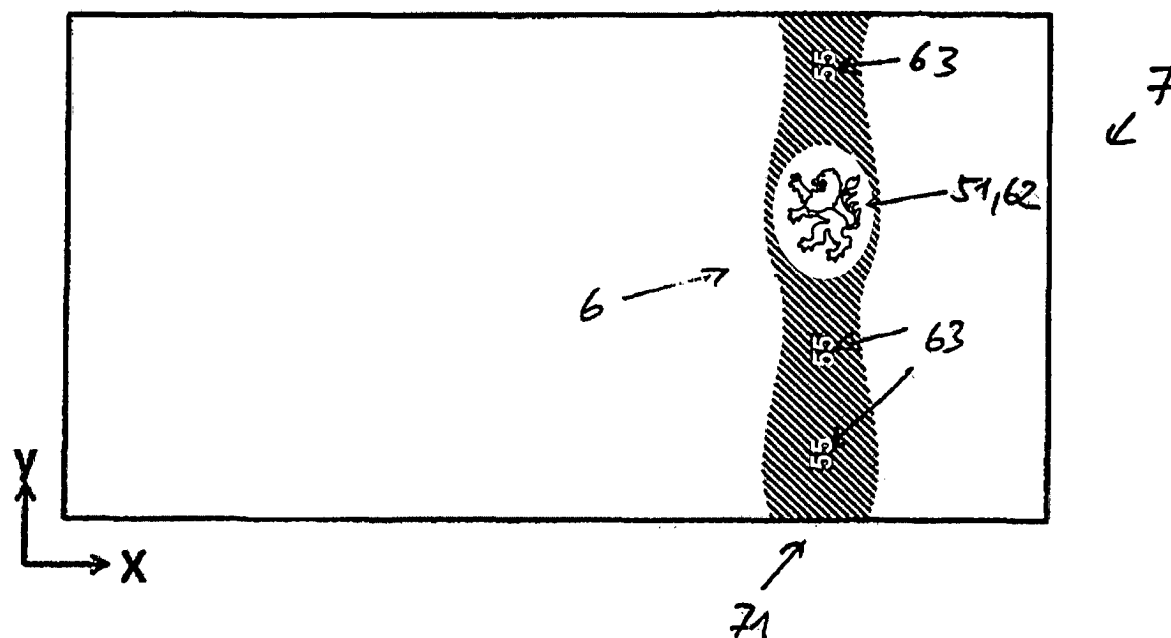


Fig. 12

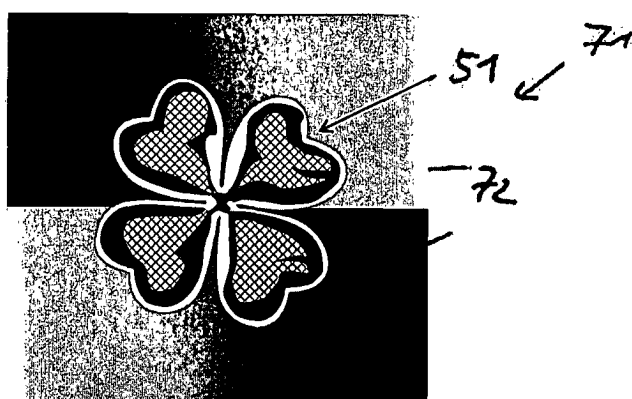


Fig. 13



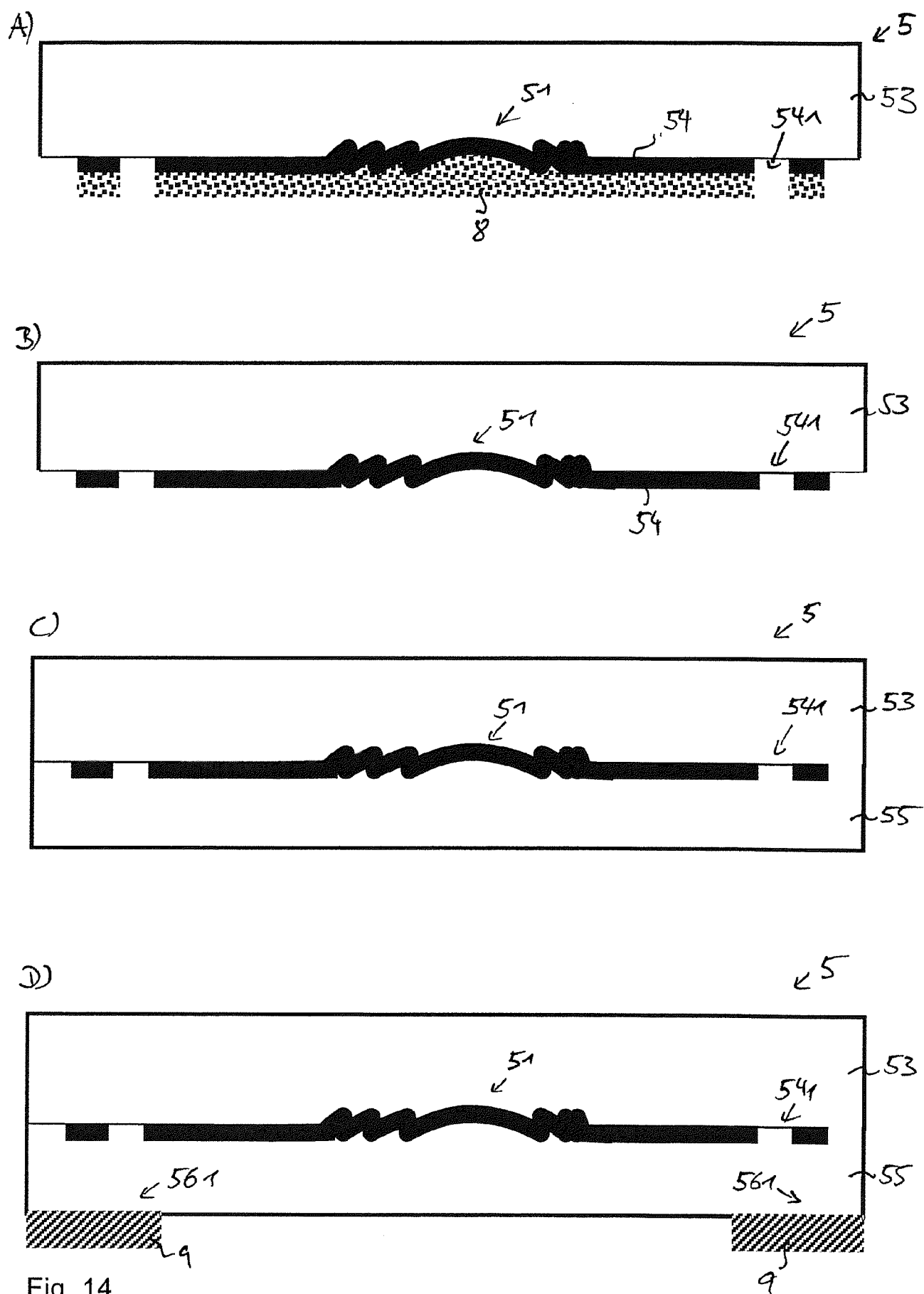


Fig. 14

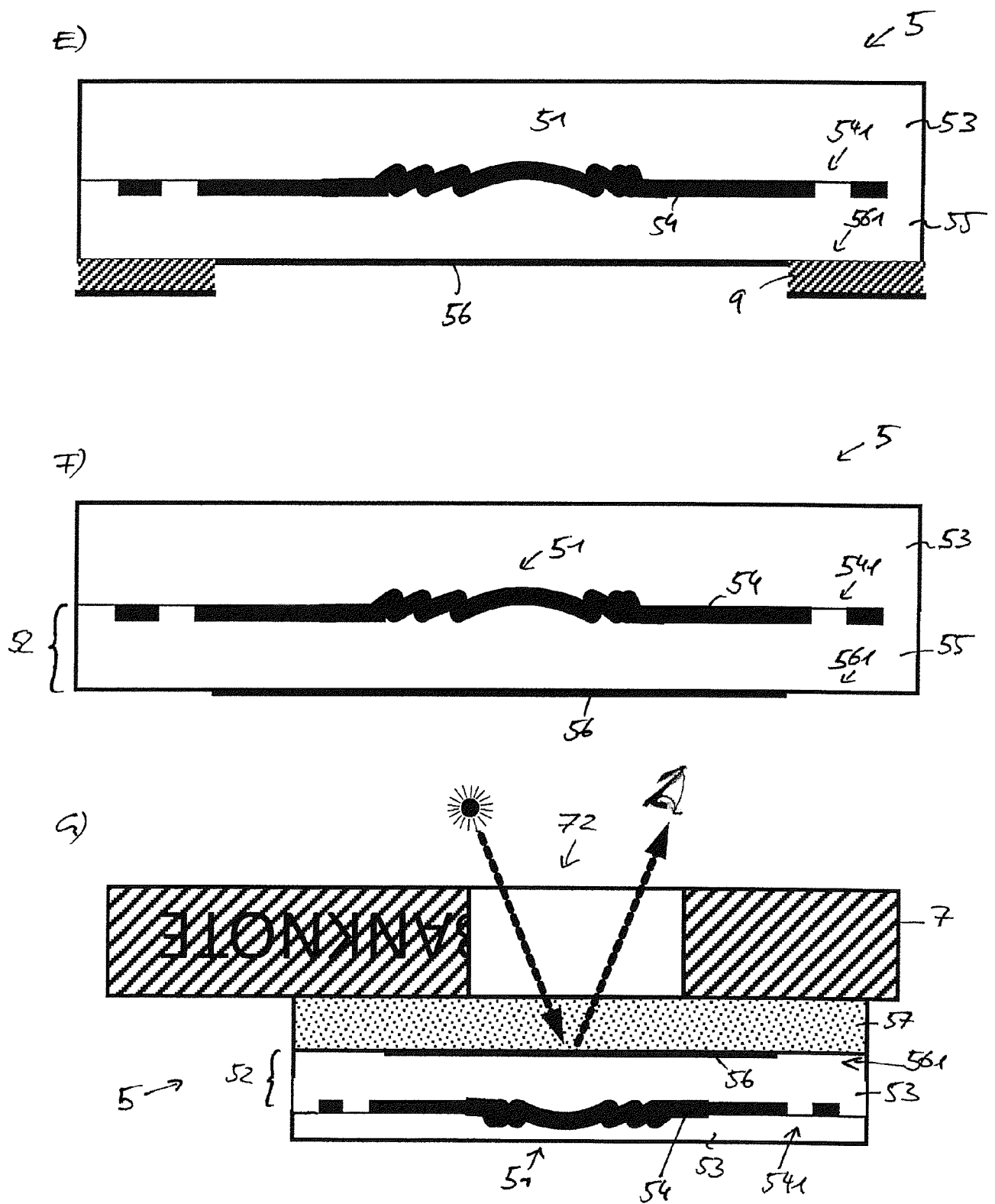


Fig. 14

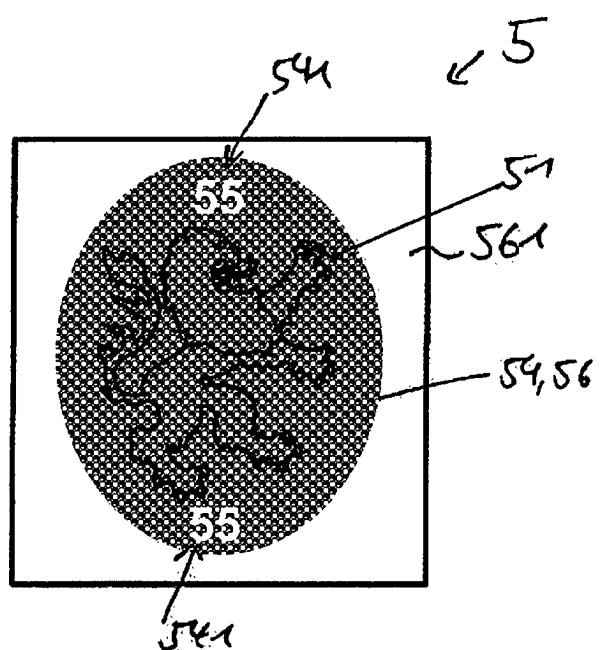


Fig. 15

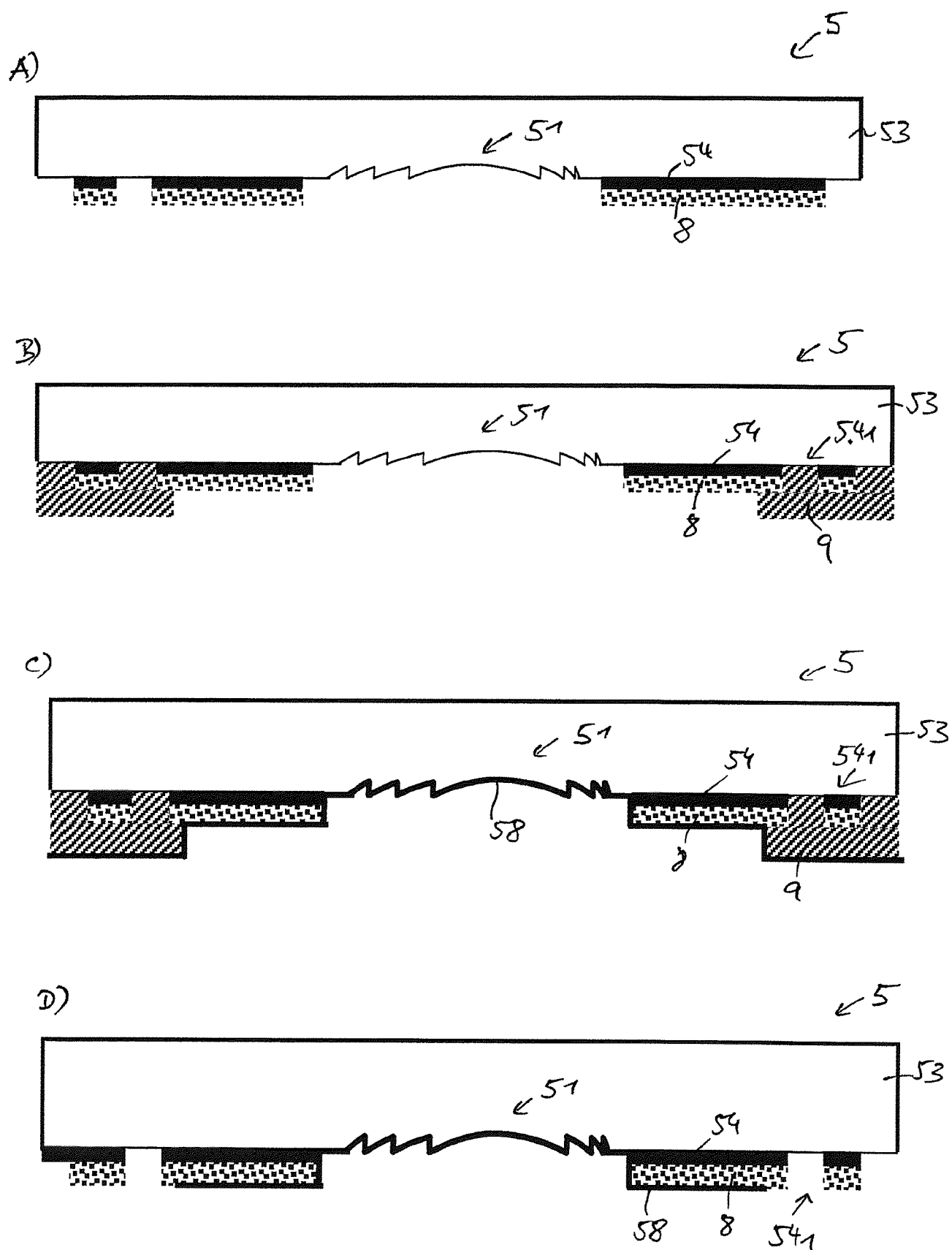


Fig. 16

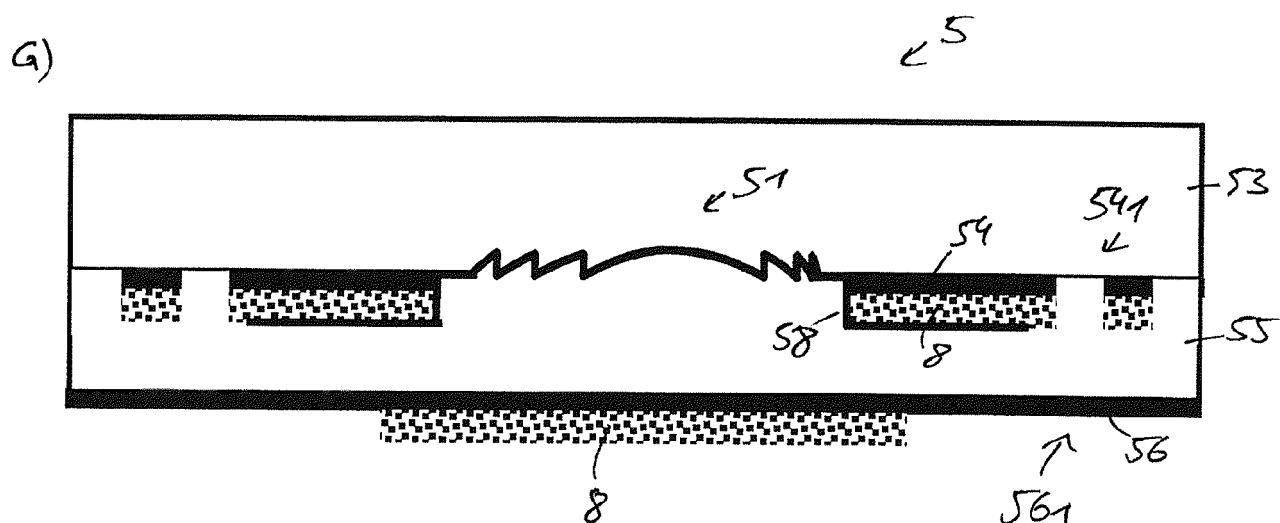
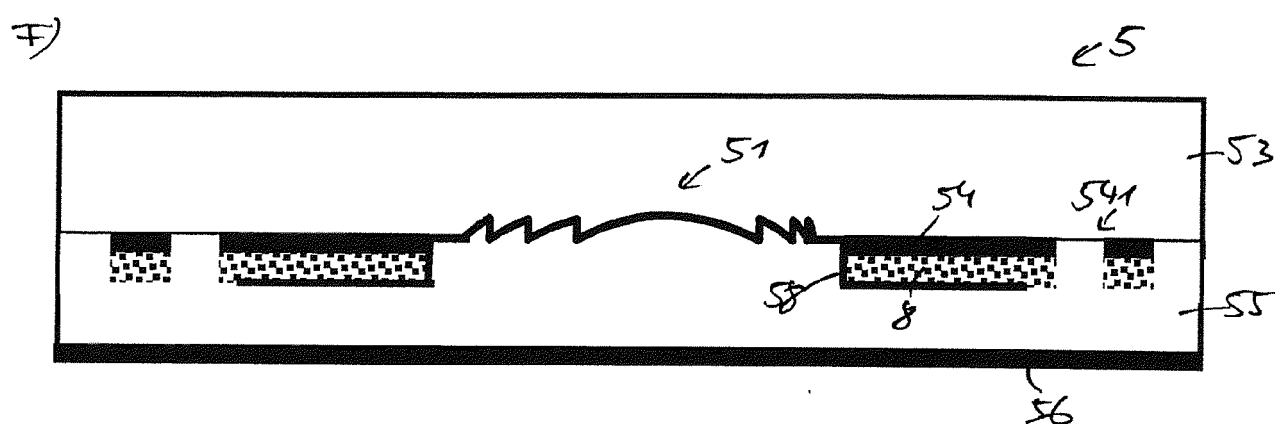
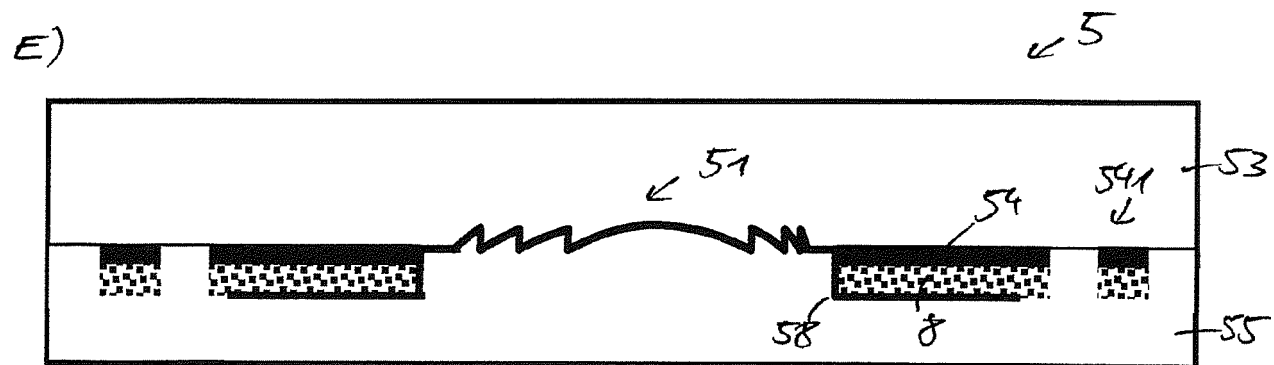


Fig. 16

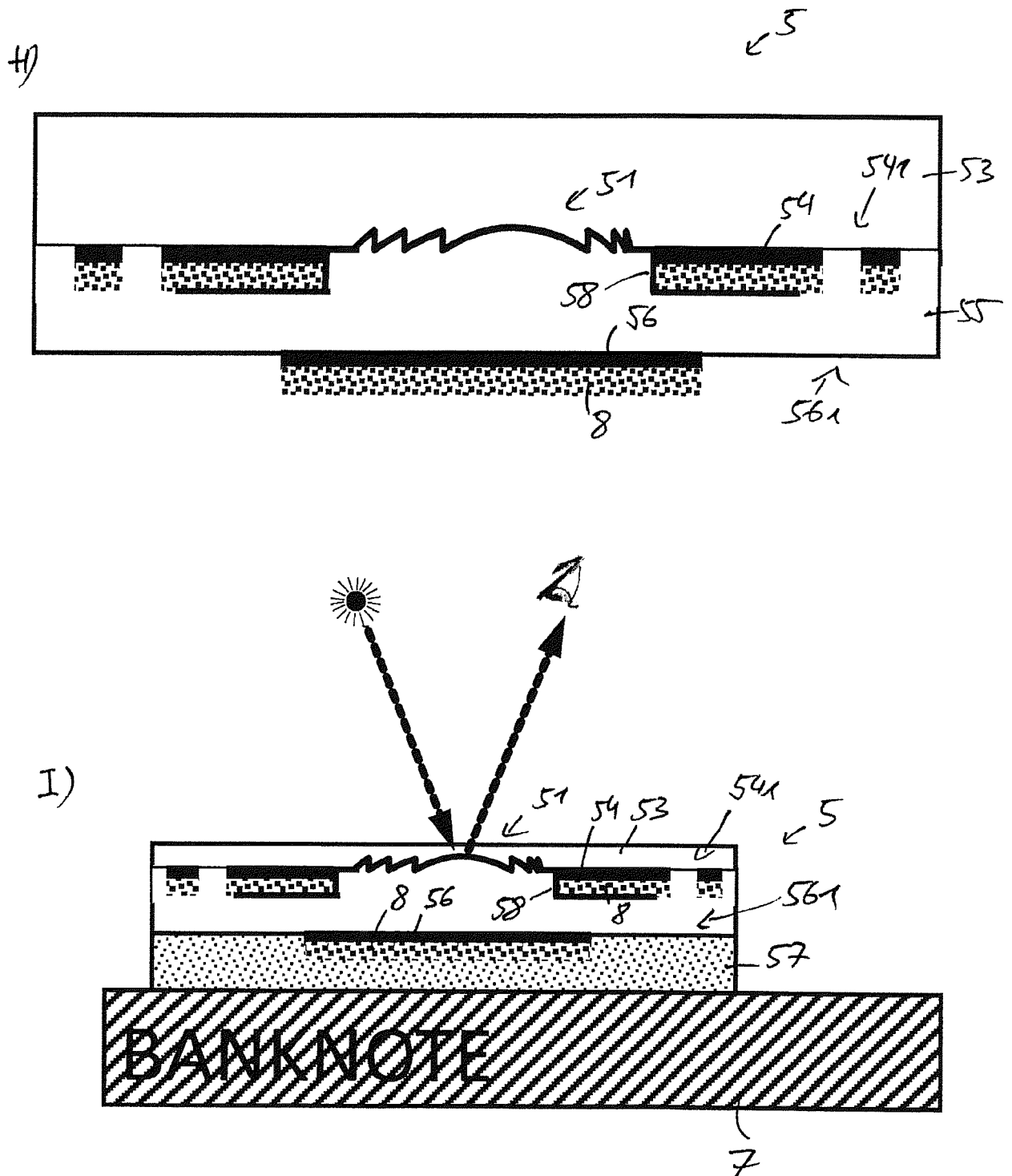


Fig. 16

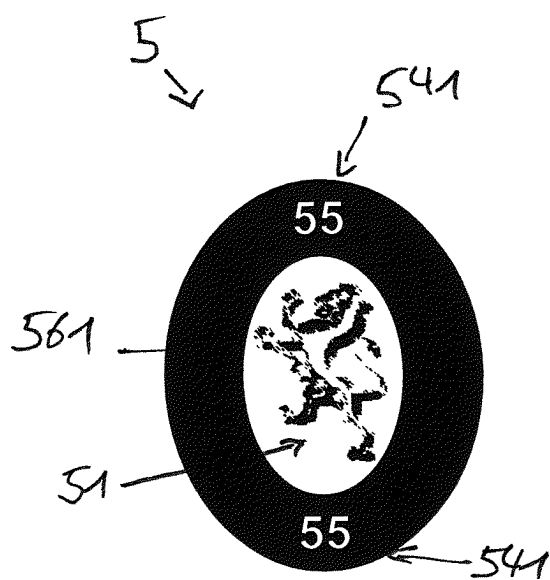


Fig. 17