



(10) **DE 10 2011 004 933 B4** 2012.10.31

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 004 933.9**  
 (22) Anmeldetag: **01.03.2011**  
 (43) Offenlegungstag: **06.09.2012**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.10.2012**

(51) Int Cl.: **B44F 1/12 (2006.01)**  
**B42D 15/10 (2006.01)**  
**G06K 19/077 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Bundesdruckerei GmbH, 10969, Berlin, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Bressel und Partner, 10785, Berlin, DE**

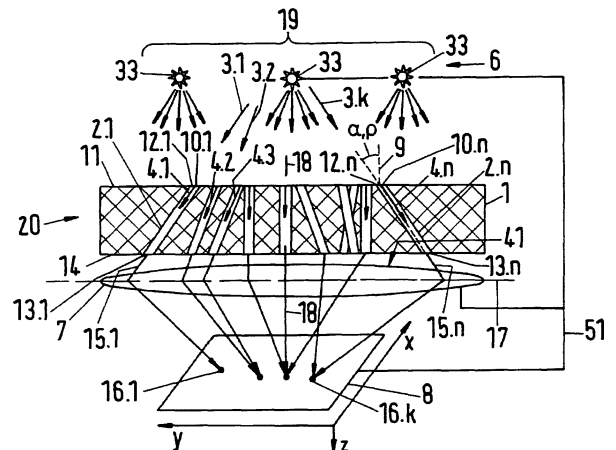
(72) Erfinder:  
**Kulikovska, Olga, 14165, Berlin, DE; Paeschke, Manfred, Dr., 16348, Wandlitz, DE; Dressel, Olaf, 14641, Wustermark, DE; Fischer, Jörg, 13053, Berlin, DE; Leopold, Andre, 10119, Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>199 34 434</b>	<b>A1</b>
<b>FR</b>	<b>2 564 622</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>0 936 975</b>	<b>B1</b>

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Sicherheitselement zur Speicherung einer Information mit Hilfe von Mikrokanälen in einem Substrat**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (20), insbesondere für ein Sicherheitsdokument (30), sowie ein solches Sicherheitselement (20), welches man erhält, indem die folgenden Verfahrensschritte ausgeführt werden: Bereitstellen eines Substrats (1), das zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opak für Licht ausgebildet ist, Bereitstellen einer zu speichernden Information in Form eines Satzes von Orientierungen (Richtungsvektoren (3.1 bis 3.n)), Speichern der Information in dem Substrat (1), indem transparente Kanäle in dem opaken Substrat innerhalb des opaken Volumenbereichs ausgebildet werden, so dass jeder der Orientierungen (jedem der Richtungsvektoren (3.1 bis 3.n)) mindestens einer der transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) zugeordnet ist, vorzugsweise jeder der Orientierungen (jedem der Richtungsvektoren (3.1 bis 3.n)) jeweils mehrere der transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) zugeordnet sind, wobei jeder der Kanäle (2.1 bis 2.n) jeweils einen Durchtritt von Licht entlang eines dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) begünstigt, vorzugsweise ausschließlich entlang des dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) zulässt, der kollinear zu der Orientierung (dem Richtungsvektor (3.1 bis 3.n)) ist, der (dem) der jeweiligen transparente Kanal (2.1 bis 2.n) zugeordnet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein Sicherheitselemente für Wert- und/oder Sicherheitsdokumente, insbesondere ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements, welches mindestens ein in einem zusammenhängenden flächigen Bereich für Licht opakes Substrat umfasst, in dem mit Hilfe von Mikrokanälen eine Information gespeichert wird. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes Sicherheitselement für ein Wert- und/oder Sicherheitsdokument.

**[0002]** Ein Sicherheitselement ist eine Entität, welche mindestens ein Sicherheitsmerkmal umfasst, welches eine Nachahmung, Verfälschung, eine Kopie oder Manipulation des Sicherheitselements selbst oder eines Gegenstands, in oder auf dem das Sicherheitselement angebracht ist, schützen soll. Dokumente, welche mindestens ein Sicherheitsmerkmal und/oder ein Sicherheitselement aufweisen, werden als Sicherheitsdokumente bezeichnet. In der Regel umfassen Sicherheitsdokumente eine Vielzahl von unterschiedlichen Sicherheitsmerkmalen und/oder Sicherheitselementen. Sicherheitsdokumente umfassen beispielsweise ID-Dokumente, Reisepässe, Visa, Personalausweise, Identitätskarten, Führerscheine, Fahrzeugscheine, Fahrzeugbriefe, Zulassungsbescheinigungen, Firmenausweise, Zutrittskarten, Bankkarten oder Kreditkarten aber auch gegen eine Verfälschung gesicherte Etiketten, Eintrittskarten oder Ähnliches, um nur einige aufzuzählen. Eine Untergruppe der Sicherheitsdokumente, welche zusätzlich einen Wert verkörpern, wird auch als Gruppe der Wertdokumente bezeichnet. Die Gruppe der Wertdokumente umfasst u. a. Banknoten, Postwertzeichen, Steuermarken, Aktien, Wertpapiere, Frachtbriefe und Ähnliches, um ebenfalls nur einige zu nennen.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Sicherheitsmerkmalen und Sicherheitselementen bekannt, in denen eine Information codiert wird, die durch das Sicherheitsmerkmal bzw. Sicherheitselement gegen ein Nachahmen, Duplizieren oder gegen ein Verfälschen geschützt werden soll. Eine erhöhte Sicherheit gegen Verfälschungen und Manipulationen erhält man dadurch, dass die Information, welche durch das Sicherheitsmerkmal oder Sicherheitselement geschützt wird, individuell für das jeweilige Sicherheitselement bzw. das Sicherheitsdokument gewählt wird, in welche das Sicherheitselement integriert wird oder ist. Für jedes zu fälschende Sicherheitselement ist dieses dann individuell für das jeweilige Sicherheitsdokument bzw. Sicherheitselement zu fälschen.

**[0004]** Eine Gruppe von Sicherheitselementen wird ausgebildet, indem Aussparungen oder Perforationen in ein Substrat eingebracht werden.

**[0005]** Aus der FR 2 564 622 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Ausweisdokumenten bekannt, die Angaben aufweisen, die das Identifizieren oder Erkennen wenigstens eines Inhabers ermöglichen. Das dort beschriebene Verfahren umfasst das Übertragen von solchen Angaben auf einen festen Träger in Form mindestens einer Menge von Punkten, die als Vertiefungen oder Erhebungen in diskreten Intervallen verteilt sind. Ein erster Satz solcher Punkte stellt beispielsweise ein Passfoto des Inhabers dar. Ein zweiter Satz von Punkten kann beispielsweise verschiedene Symbole, beispielsweise Buchstaben, Zahlen oder andere grafische Symbole umfassen, die die Identität, eine Adresse oder weitere Informationen über den Nutzer angeben. Die Punkte können durch ein gesteuertes Eindringen eines Werkzeugs in das Medium des Substrats oder über eine Wechselwirkung mit einem Laser ausgebildet werden. Die Punkte werden beispielsweise als Vertiefungen in regelmäßigen Intervallen angeordnet. Um Kontraste zwischen helleren und dunkleren Abschnitten zu erhalten, ist vorgeschlagen, bei konstantem Abstand der Punkte deren Querschnitt zu variieren. Eine andere Ausführungsform sieht vor, dass Vertiefungen einheitlicher Tiefe hergestellt werden und die Dichte der Punkte variiert wird. Die Punkte können auch als Durchgangslöcher durch das Substrat ausgebildet sein.

**[0006]** Ein ähnliches Sicherheitsmerkmal ist aus der EP 0 936 975 B1 bekannt, bei dem ein Dokument gegen Fälschungen geschützt wird, indem es ein Sicherheitsmerkmal in Form eines Perforationsmusters umfasst und das Perforationsmuster Löcher unterschiedlicher Größe umfasst, wobei sich das Perforationsmuster über eine geschlossene Oberfläche des Dokuments erstreckt und ein Passbild repräsentiert. Das Perforationsmuster ist mittels Laserlicht erzeugt.

**[0007]** Bei diesen beschriebenen Ausführungsformen kann die Information unmittelbar über ein Betrachten des Perforationsmusters, beispielsweise im Durchlicht, verifiziert werden. Nachteilig ist es, dass durch ein Zufügen oder Verändern einzelner Löcher in den Perforationsmustern die gespeicherte Information deutlich verändert werden kann.

**[0008]** Aus der DE 199 34 434 A1 sind ein Wert- und Sicherheitsdokument mit Perforierungen bekannt, bei denen Mikrokanäle als zusätzlicher Sicherheits- und Echtheitsnachweis angeordnet sind. Es sind Ausführungsformen beschrieben, bei denen die Mikrokanäle in unterschiedlichem Winkel zur Oberfläche des Wert- und/oder Sicherheitsdokuments eingebracht sind. Es sind Ausführungsformen beschrieben, bei denen durch die unterschiedliche Neigung der Mikrokanäle gegenüber einer Oberflächennormale erreicht werden soll, dass auch unterschiedliche Betrachtungsrichtungen existieren und aus den jeweiligen Betrachtungsrichtungen immer nur die Mikroka-

näle der Mikroperforation erkennbar sind, deren Kanalachse im Wesentlichen mit einer Betrachtungsrichtung fluchtet. Auch die in der DE 199 34 434 A1 beschriebenen Ausführungsformen lassen sich teilweise nachträglich dadurch manipulieren, dass zusätzliche Mikroperforationen unter der entsprechend notwendigen Neigung gegenüber der Oberflächennormale zugefügt werden.

**[0009]** Der Erfindung liegt die technische Aufgabe zugrunde, ein neuartiges Sicherheitselement und ein Verfahren zu dessen Herstellung zu schaffen, welches eine Informationsspeicherung auf andere Art und Weise bewerkstelligt, vorzugsweise gegen nachträgliche unbemerkte Manipulationen gut geschützt ist und dennoch eine Verifikation zuverlässig ohne einen allzu großen Aufwand ermöglicht.

#### Grundgedanke der Erfindung

**[0010]** Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, die Information in Form von Lichtstrahlrichtungen, welche in einem optischen Abbildungsprozess auftreten, zu codieren, wobei die Lichtausbreitungsrichtungen in Form von transparenten Kanälen in einem zumindest flächig ausgedehnten opaken Substrat "ausgebildet" werden. Durch die in dem ansonsten opaken Substrat oder opaken Volumenbereich eines Substrats ausgebildeten transparenten Kanäle werden somit Lichtausbreitungsrichtungen vorgegeben, welche in ihrer Gesamtheit eine Information speichern, die mittels einer Abbildungsoptik in eine grafisch wahrnehmbare Darstellung überführt werden kann, aus der der Informationsgehalt visuell oder, sofern eine Abbildung der grafischen Darstellung erfasst wird, maschinell erfasst werden kann.

**[0011]** Vorteilhaft an der Form der Speicherung ist es, dass das Perforationsmuster selbst, welches an Oberflächen des Substrates entsteht, nicht unmittelbar die gespeicherte Information bzw. dessen Informationsgehalt darstellt und somit eine Manipulation über ein Zufügen weiterer transparenter Kanäle deutlich erschwert ist. Für eine Manipulation oder Fälschung ist es notwendig, zumindest die für die Verifikation notwendige Abbildungsgeometrie zu kennen und bei einem Einbringen von zusätzlichen transparenten Kanälen, sofern dies überhaupt möglich ist, zu berücksichtigen. Um zusätzliche transparente Kanäle in dem Substrat ausbilden zu können, muss für die entsprechende Kanalneigung ein Volumenbereich des Substrats existieren, der frei von den bereits existierenden unterschiedlich geneigten transparenten Kanälen ist.

#### Definitionen

**[0012]** Als Sicherheitselement wird jede physische Entität aufgefasst, die mindestens ein Sicherheitsmerkmal umfasst.

**[0013]** Ein Sicherheitsmerkmal ist ein Merkmal, welches ein Nachahmen, Duplizieren, Verfälschen oder Ähnliches eines Gegenstandes zumindest erschwert oder unmöglich macht.

**[0014]** Sicherheitsdokumente sind solche Dokumente, welche mindestens ein, vorzugsweise mehrere, insbesondere unterschiedliche, Sicherheitsmerkmale und/oder Elemente umfassen. Gemäß der obigen Definition eines Sicherheitselements stellt jedes Sicherheitsdokument selbst auch ein Sicherheitselement dar.

**[0015]** Als Wertdokumente wird eine Gruppe von Sicherheitsdokumenten bezeichnet, die einen Wert verkörpern. Eine genaue Abgrenzung zwischen Wertdokumenten und solchen Sicherheitsdokumenten, die keine Wertdokumente darstellen, ist in manchen Bereichen schwierig, da beispielsweise Bank- oder Kreditkarten häufig selbst keinen unmittelbaren Wert verkörpern, jedoch die Möglichkeit einräumen, über größere Geldbeträge zu verfügen. Eine genaue Abgrenzung ist nicht erfindungswesentlich.

**[0016]** Als transparent wird ein Gegenstand oder ein Raumgebiet bezeichnet, welches Licht, d. h. elektromagnetische Strahlung, einer Wellenlänge oder eines Wellenlängenbereichs in Form gerichteter Strahlung passieren lässt. Eine gerichtete Strahlung weist eine Intensitätsverteilung auf, die nur in einem zusammenhängenden begrenzten Raumwinkelbereich eine hohe Intensität aufweist. Unter den übrigen Raumwinkeln ist die Intensität wesentlich, in der Regel um mehrere Größenordnungen, schwächer, vorzugsweise nahe null. Tritt eine solche gerichtete Strahlung durch ein transparentes Material, so bleibt die Eigenschaft erhalten, dass die Intensität in einem begrenzten Raumwinkelbereich konzentriert ist. Der Raumwinkelbereich kann sich zwar vergrößern, eine nennenswerte diffuse Streuung tritt jedoch nicht auf. Eine Abschwächung hinsichtlich einer Intensität der durch den transparenten Bereich bzw. das transparente Raumgebiet tretenden Strahlung kann jedoch auftreten. Durch ein transparentes Material hindurch ist eine Abbildung gemäß der geometrischen Optik möglich.

**[0017]** Als transluzent wird hingegen ein Material bezeichnet, bei dem die beschriebene Eigenschaft der Erhaltung der Richtungscharakteristik nicht mehr vorliegt. Hauptsächlich durch diffuse Streuung wird aus einer ursprünglich gerichteten Strahlung, eine Strahlung, deren Intensitätsverteilung in einem großen Raumwinkelbereich eine deutlich wahrnehmbare Intensität aufweist. Eine Intensitätsüberhöhung in dem oder um den Winkelbereich, der mit der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung der gerichteten Strahlung assoziiert werden kann, ist zwar möglich, beträgt aber nicht mehr mehrere Größenordnungen.

**[0018]** Als opak wird die Eigenschaft bezeichnet, welchen einen Durchtritt von Licht, d. h. elektromagnetischer Strahlung, zumindest für eine Wellenlänge oder einen oder mehrere Wellenlängenbereiche unterbindet. Für die Angabe, ob ein Gegenstand oder ein Raumgebiet transparent oder opak ist, ist es von Bedeutung, dass die Wellenlänge oder der Wellenlängenbereich angegeben wird, für den diese Eigenschaften untersucht werden oder gelten. Es gibt eine Vielzahl von Materialien, welche beispielsweise im sichtbaren Wellenlängenbereich transparent, jedoch im ultravioletten Wellenlängenbereich opak sind.

**[0019]** Unter einem Kanal im Sinne der Erfindung wird ein Raumgebiet verstanden, welches mindestens eine Achse aufweist, welche gradlinig durch das Raumgebiet verläuft. Ein in einem opaken Substrat ausgebildeter transparenter Kanal stellt in dem Substrat ein das Substrat durchdringendes Raumgebiet dar, welches für Licht mindestens einer Wellenlänge oder eines Wellenlängenbereichs transparent ist, für den das Substrat ansonsten opak ist, wobei das Raumgebiet geometrisch so ausgebildet ist, dass dieses einen Lichtdurchtritt entlang einer gradlinig durch das Raumgebiet verlaufenden Richtung oder eines eng begrenzten Raumwinkelbereichs um diese gradlinig durch das Raumgebiet verlaufende Richtung begünstigt und übrige Ausbreitungsrichtungen von Licht durch den Kanal hindurch erschwert oder unmöglich macht.

**[0020]** Ein zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opakes Substrat ist ein Substrat, welches einen zusammenhängenden Volumenbereich umfasst, der gemessen parallel zur Oberflächennormale des Substrats eine endliche, von null verschiedene Ausdehnung aufweist und bei dem zumindest dessen Eintritts- und Austrittsfläche für Licht zumindest einer Wellenlänge oder eines Wellenlängenbereichs, das parallel zu Oberflächennormale auf den Volumenbereich auftrifft, opak ausgebildet sind. Die Ein- und Austrittsfläche sind die Begrenzungsflächen des Volumenbereichs, die eine gedachte Gerade schneidet, entlang derer sich gerichtetes Licht durch den Volumenbereich ausbreiten würde, sofern dieser Volumenbereich transparent wäre. Vorzugsweise ist der Volumenbereich in seinem gesamten Volumen opak ausgebildet. Eine als koextrudierte Folie ausgebildete Substratschicht, welche an planparallelen Oberflächen opak und in einem hierzwischen liegenden inneren Volumenbereich transparent ausgebildet ist, stellt somit ein Substrat dar, das in einem zusammenhängenden Volumenbereich im Sinne der hier gegebenen Definition opak ist. Auch in ihrem gesamten Volumen opak ausgebildete Folien stellen ein zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opakes Substrat dar.

**[0021]** Eine Information kann auf vielfältige unterschiedliche Art und Weise repräsentiert oder ge-

speichert sein. Ein Begriff, wie beispielsweise das Wort "Haus", kann beispielsweise über die gedruckten Buchstaben H-a-u-s in Form von Druckerschwärze auf einem weißen Papier dargestellt und gespeichert sein. Ebenso ist es möglich, dieselbe Information als Brailleschrift zu codieren, d. h. in Form einzelner kreisförmiger Erhebungen über einer ansonsten glatten Oberfläche. Andere mögliche Darstellungsformen bestehen in einer Binärcodierung der einzelnen Schriftzeichen, beispielsweise gemäß dem ASCII-Code oder dem Uni-Code. Auch wenn die Ausgestaltung der Speicherung unterschiedlich ist, ist allen diesen gemein, dass diese denselben Informationsgehalt, nämlich den Sinngehalt des Begriffs Haus, umfassen. In der Darstellung, bei der dieser Begriff mittels der Schriftzeichen H-a-u-s mit Druckerschwärze auf einem beispielsweise weißen Hintergrund dargestellt ist, ist dieser Informationsgehalt visuell für einen Menschen oder nach Erfassung einer Abbildung maschinell beispielsweise über eine Mustererkennung, wie sie in verschiedenen OCR-Programmen umgesetzt ist, zu erkennen und auszuwerten.

**[0022]** Licht ist elektromagnetische Strahlung eines vorgegebenen Wellenlängenbereichs, beispielsweise des sichtbaren Wellenlängenbereichs. Licht kann jedoch auch UV-Strahlung, IR-Strahlung sein oder eine Kombination von Strahlung unterschiedlicher Wellenlängenbereiche umfassen.

**[0023]** Ein Richtungsvektor ist ein Vektor, der eine Orientierung im dreidimensionalen Raum angibt.

**[0024]** Wird einem Richtungsvektor zusätzlich ein Punkt im dreidimensionalen Raum zugeordnet, so wird dieses sich ergebende mathematische Objekt hier als Raumvektor bezeichnet. Mathematisch definiert im Raumvektor eine Strecke sowie eine Richtung im dreidimensionalen Raum. Jedem Raumvektor kann im dreidimensionalen Raum genau eine Gerade zugeordnet werden. Dieses ist die Gerade, auf der der Raumvektor liegt. Eine Länge des Raumvektors ist unerheblich, so dass Raumvektoren als gleich angesehen werden, die auf derselben Geraden liegen.

**[0025]** Zur Veranschaulichung kann man sich als Raumvektor ein Objekt vorstellen, welches durch einen Raumpunkt, beispielsweise ein Punkt in der Oberflächenebene eines Substrats, und einen Richtungsvektor charakterisiert ist.

**[0026]** Eine Charakterisierung eines transparenten Kanals über einen Raumvektor erfolgt beispielsweise so, dass der Raumpunkt in einer Eintrittsoberfläche des Substrats die Lage einer Eintrittsöffnung festlegt und der Richtungsvektor die Orientierung einer Kanalachse angibt.

## Bevorzugte Ausführungsformen

**[0027]** Es wird ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements, welches gemäß einer bevorzugten Ausführungsform als Sicherheitsdokument ausgebildet ist, vorgeschlagen, welches die Schritte umfasst: Bereitstellen eines Substrats, das zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opak für Licht ausgebildet ist, Bereitstellen einer zu speichernden Information in Form eines Satzes von Orientierungen oder Richtungsvektoren, Speichern der Information in dem Substrat, indem transparente Kanäle in dem opaken Substrat innerhalb des zusammenhängenden Volumenbereichs ausgebildet werden, so dass jeder der Orientierungen oder jedem der Richtungsvektoren mindestens einer der transparenten Kanäle zugeordnet ist, vorzugsweise jeder der Orientierungen oder jedem der Richtungsvektoren jeweils mehrere der transparenten Kanäle zugeordnet sind, wobei jeder der Kanäle jeweils einen Durchtritt von Licht entlang eines dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors begünstigt, vorzugsweise ausschließlich entlang des dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors zulässt, der kollinear zu der Orientierung oder dem Richtungsvektor ist, der oder dem der jeweilige transparente Kanal zugeordnet ist. Als ein Richtungsvektor wird ein Vektor angesehen, der eine Orientierung im dreidimensionalen Raum angibt. Als ein Raumvektor wird ein Objekt angesehen, das neben einer beispielsweise durch einen Richtungsvektor festgelegten Orientierung zusätzlich ein Punkt im Raum angibt ist, beispielsweise einen Durchtrittspunkt einer mit dem Richtungsvektor zusammenfallenden Geraden durch eine vorgegebene Ebene, beispielsweise eine Oberfläche des opaken Substrats. Kanäle, die beispielsweise in dem opaken Substrat ausgebildet sind und dieselbe Orientierung bezüglich der Oberfläche bzw. einer Oberflächennormale des Substrats aufweisen und somit dieselbe Orientierung besitzen, d. h. kollinear zu einem Richtungsvektor sind, welcher die Orientierung im Raum angibt, unterscheiden sich durch die Durchtrittspunkte von Geraden, welche mit den entsprechenden Raumvektoren hinsichtlich ihrer Orientierung zusammenfallen. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird im Folgenden angenommen, dass die Raumvektoren jeweils durch einen Punkt in der Oberflächenebene des opaken Substrats und die jeweilige Orientierung, d. h. einen Richtungsvektor, charakterisiert sind. Ein entsprechend des vorgeschlagenen Verfahrens hergestelltes Sicherheitselement für ein Sicherheitsdokument umfasst mindestens ein Substrat, das zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opak für Licht ausgebildet ist, wobei innerhalb des opaken Volumenbereichs des Substrats transparente Kanäle zur Speicherung einer Information ausgebildet sind, wobei vorgesehen ist, dass die transparenten Kanäle so ausgebildet sind, dass jeder der Kanäle jeweils einen Durchtritt von Licht entlang eines dem trans-

parenten Kanal zugeordneten Raumvektors begünstigt, vorzugsweise ausschließlich entlang des dem transparenten Kanal zugeordneten Raumvektors zulässt, wobei die Kanäle so ausgebildet sind, dass entlang der Raumvektoren durch die transparenten Kanäle des Substrats hindurchtretendes Licht mittels einer vorgegebenen Abbildungsoptik auf einem in einer vorgegebenen Orientierung zur Abbildungsoptik angeordneten Schirm in eine grafische Darstellung abbildbar ist, so dass ein Informationsgehalt der gespeicherten Information aus der grafischen Darstellung erfasst werden kann. Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Eintritts- und/oder Austrittsöffnungen der transparenten Kanäle Muster darstellen, sofern diese wahrnehmbar sind, welche nicht die gespeicherte Information grafisch abbilden. Die gespeicherte Information ist vielmehr erst visuell wahrnehmbar, wenn Licht zur Verfügung gestellt wird, so dass dieses entlang der durch die Raumvektoren der einzelnen transparenten Kanäle vorgegebenen Richtungen durch das opake Substrat hindurchtritt und mittels einer vorgegebenen Abbildungsoptik auf einen Schirm abgebildet wird. Auf diesem ergibt sich dann eine grafische Darstellung, deren Informationsgehalt durch einen menschlichen Nutzer erfassbar ist. Alternativ kann eine Abbildung der grafischen Darstellung erfasst und maschinell ausgewertet werden, beispielsweise mittels einer Mustererkennung und eines Vergleichs mit vorgegebenen Daten.

**[0028]** Vorzugsweise werden die transparenten Kanäle mittels Laserstrahlung in Form von Mikrokanälen in dem opaken Substratbereich ausgebildet. Dies bedeutet, dass Material aus dem opaken Substrat mittels Laserablation entfernt wird. Hierdurch werden in dem opaken Substrat bzw. einem flächig ausgedehnten opaken Bereich Durchgangslöcher geschaffen, welche kein opakes Substratmaterial mehr enthalten. Als Mikrokanäle werden Kanäle bezeichnet, deren Querschnittsflächen Abmessungen im Mikrometerbereich, vorzugsweise im Bereich zwischen 30–500  $\mu\text{m}$ , bevorzugter zwischen 30–100  $\mu\text{m}$  und am bevorzugtesten zwischen 75–300  $\mu\text{m}$  betragen. Besonders bevorzugt weisen die Mikrokanäle kreisförmige oder elliptische Querschnittsflächen auf. Die Angaben hinsichtlich einer Dimensionierung der Mikrokanäle beziehen sich jeweils auf ihren Zustand vor dem Ausführen der Lamination. Allgemein gilt, dass eine Richtungsselektion zunimmt, je geringer eine Querschnittsfläche des einen Mikrokanals senkrecht zu seiner Längserstreckung im Verhältnis zu der Länge des Kanals entlang dieser Längserstreckung ist. Bei vorgegebener Materialstärke des opaken Volumenbereichs steigt die Winkelselektion somit mit der Abnahme des Durchmessers. Zugleich nimmt auch die Intensität des Lichts ab, die diesen Kanal bei vorgegebener Beleuchtung passiert. Dieser Intensitätsverlust kann jedoch durch ein Zufügen von Mikrokanälen kompensiert werden, die dieselbe Orientierung aufweisen.

**[0029]** Alternativ zur Formung durch Laserstrahlung sind mechanische Verfahren, z. B. Stanzen, möglich.

**[0030]** Ein Vorteil der Ausbildung der transparenten Kanäle als Mikrokanäle besteht darin, dass diese in ihrer Gesamtheit bei einer Betrachtung sowohl im Auflicht als auch im Durchlicht quasi nicht zeitgleich wahrnehmbar sind, da diese unter unterschiedlichen Richtungen in dem Substrat ausgebildet sind. Aus einer Betrachtungsrichtung, welche einer der Orientierungen, d. h. einem der Richtungsvektoren, entspricht, die in dem Satz der Orientierungen bzw. Richtungsvektoren enthalten sind, sind jeweils nur die transparenten Kanäle bzw. Mikrokanäle beobachtbar, welchen ein Raumvektor zugeordnet ist, d. h. die durch einen Raumvektor charakterisiert sind, der kollinear zu der jeweiligen Orientierung ist. Die gespeicherte Information erschließt sich jedoch lediglich durch die Gesamtheit der in dem Dokument ausgebildeten Orientierungen.

**[0031]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden somit die transparenten Kanäle als Mikroperforation ausgebildet, wobei die einzelnen Perforationslöcher die transparenten Kanäle darstellen und diese unter unterschiedlichen Richtungen in dem Substrat ausgebildet sind und dieses durchdringen. Vorzugsweise wird das Substrat als opake Folie bereitgestellt, welche zumindest in einem Volumenbereich unterhalb eines flächigen Bereichs vorzugsweise durch die gesamte Materialstärke opak ausgebildet ist. Besonders bevorzugt wird eine vollständig im gesamten Volumen opak ausgebildete Folie als Substrat verwendet. Zur Herstellung des Sicherheitselements bzw. eines Sicherheitsdokuments wird die opake oder zumindest in einem Volumenbereich opake Folie, welche das Substrat darstellt, mit weiteren Folien zu einem Dokumentkörper laminiert. Da beim Laminieren auf den Folienverbund im erwärmten Zustand große Drücke ausgeübt werden, ist es vorteilhaft, die transparenten Kanäle vor dem Laminieren mit einem transparenten Material zu füllen. Dieses kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass das Material, welches eine ausreichende Viskosität aufweist, in die transparenten Kanäle beispielsweise eingekelt wird.

**[0032]** Andere Verfahrensschritte zum Füllen der transparenten Kanäle können ebenfalls verwendet werden. Beispielsweise könnten auch Siebdruckverfahren oder andere Verfahren verwendet werden, solange eine ausreichende Befüllung mit transparentem Material erfolgt, welches eine ausreichende Inkompressibilität aufweist, um beim Laminieren zu verhindern, dass die Mikroperforationen aufgrund eines quer zu dem Richtungsvektor, welchem der entsprechende Mikrokanal zugeordnet ist, wirkenden Drucks während des Laminationsvorgangs verschlossen wird. Zur weiteren Prozessierbarkeit kann es hilfreich sein, das Material zu fixieren. Das kann

z. B. über ein UV- oder thermisch reaktives Füllmaterial geschehen, dass nach Befüllung entsprechend mittels UV-Strahlung oder thermisch fixiert wird.

**[0033]** Bei bevorzugten Ausführungsformen des Sicherheitselements sind somit die transparenten Kanäle mit einem transparenten Material zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig ausgefüllt.

**[0034]** Den transparenten Kanälen kann eine Eintrittsseite und eine Austrittsseite zugeordnet werden und an einer Austrittsoberfläche, welche die den Austrittsseiten der transparenten Kanäle benachbarte Oberfläche des Dokumentkörpers oder des Substrats ist, werden oder sind bei einer Ausführungsform Linsenelemente ausgebildet, die gemeinsam entlang der den jeweiligen Mikrokanälen zugeordneten Raumvektoren durch die Mikrokanäle durchtretendes Licht auf einem Schirm, welcher in einem vorgegebenen Abstand und in einer vorgegebenen Orientierung relativ zu der Austrittsoberfläche angeordnet ist, so abbilden, dass auf dem Schirm der mittels der Mikrokanäle gespeicherte Informationsgehalt in einer grafischen Darstellung wahrnehmbar ist. Hierdurch wird erreicht, dass das Sicherheitselement bzw. das Sicherheitsdokument bereits die zur Verifikation des Informationsgehalts der gespeicherten Information notwendige Abbildungsoptik umfasst. Für eine Verifikation ist es nun nur noch erforderlich, eine geeignete Lichtquelle auf der den Eintrittsseiten der Kanäle zugewandten Oberfläche des Substrats bzw. Sicherheitsdokuments bereitzustellen, welche in der Lage ist, Licht zur Verfügung zu stellen, so dass durch sämtliche Kanäle jeweils Licht entsprechend der den Kanälen zugeordneten Raumvektoren fällt, um dann auf einem zusätzlich notwendigen Schirm, der in einem vorgegebenen Abstand vorzugsweise parallel orientiert zu der Austrittsoberfläche des Sicherheitselements bzw. Wertdokuments angeordnet wird, eine grafische Darstellung zu erhalten.

**[0035]** Vorzugsweise umfasst das Bereitstellen der zu speichernden Information in einem Satz von Orientierungen das Bereitstellen des zu speichernden Informationsgehalts in Form einer grafischen Darstellung und ein Berechnen einer Orientierung für jeden der Bildpunkte, die zum Darstellen des grafisch wahrnehmbaren Informationsgehalts notwendig sind, wobei jeder Bildpunkt als Punkt in einer Fokalebene einer Sammellinse vorgegebener Brennweite aufgefasst wird. Die sich für einen Bildpunkt ergebende Orientierung stellt eine Raumrichtung dar, unter der Licht einer im Unendlichen befindlichen Lichtquelle in Form paralleler Lichtstrahlen auf die als Sammellinse ausgebildete Abbildungsoptik fallen würde und in der Fokalebene der Sammellinse in einem Punkt fokussiert den entsprechenden Bildpunkt ausbilden würde. In dem opaken Substrat stellen die transparenten Kanäle somit idealisiert für jeden Bildpunkt die Strahlen einer im Unendlichen befindlichen Punktlichtquelle

le dar, die durch die entsprechende Orientierung repräsentiert ist. Jeder Bildpunkt entspricht somit einer Orientierung, so dass man einen Satz von Orientierungen bzw. Richtungsvektoren erhält, welche diese Orientierungen repräsentieren. Um eine möglichst große Lichtintensität bei der Abbildung zu erhalten, ist es daher vorteilhaft, für jede der Orientierungen mehrere transparente Mikrokanäle auszubilden, deren Raumvektoren kollinear zu der entsprechenden Orientierung sind.

**[0036]** Es versteht sich, dass die Abmessungen der Querschnittsflächen der Mikrokanäle vorzugsweise geringer als eine Materialstärke des opaken Substrats gewählt werden, um eine möglichst hohe Winkelselektivität oder Richtungsselektivität des durch die Mikrokanäle hindurchtretenden Lichts zu erhalten. Je kleiner der Querschnitt der Mikrokanäle im Verhältnis zu ihrer Länge durch das Substrat ist, desto höher ist eine Richtungsselektion des entsprechenden transparenten Kanals. Im Gegenzug verringert sich jedoch die durch den entsprechenden Kanal transmittierte Lichtmenge, so dass ein Kompromiss hinsichtlich Richtungsselektivität und transmittierter Lichtmenge gefunden werden muss. Zu beachten ist hierbei, dass die für die Orientierung transmittierte Lichtmenge mit der Anzahl der Mikrokanäle zunimmt, die dieser Orientierung zugeordnet sind und deren zugeordnete Richtungsvektoren somit kollinear zu der Orientierung bzw. dem Richtungsvektor sind, der die Orientierung angibt bzw. charakterisiert.

**[0037]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird oder ist das Substrat mit mindestens einer weiteren Substratschicht zu einem Dokumentkörper laminiert und in der mindestens einen weiteren Substratschicht die vorgegebene Abbildungsoptik ausgebildet.

**[0038]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird oder ist die Abbildungsoptik in Form von Linsenelementen ausgebildet, wobei die Linsenelemente gemeinsam die Abbildungseigenschaft einer Sammellinse bereitstellen. Jedes an der Oberfläche der weiteren Substratschicht ausgebildete Linsenelement lenkt somit das im Bereich des Linsenelements durch die weitere Substratschicht tretende Licht so ab, wie dies ein Oberflächenelement der Sammellinse tun würde. Vorzugsweise sind die Linsenelemente so ausgebildet, dass diese gemeinsam eine Abbildungseigenschaft einer Sammellinse darstellen, deren Zentralebene parallel zu einer Austrittsoberfläche der weiteren Substratschicht orientiert ist und deren Zentralachse im Bereich eines Flächenzentrums einer Projektion des zumindest einen ausge dehnten opaken Volumenbereichs auf die Eintrittsoberfläche der Substratschicht ist. Erstreckt sich die Projektion des Volumenbereichs, in dem die transparenten Kanäle ausgebildet sind, nicht über eine gesamte Oberfläche des Sicherheitselements bzw. Sicherheitsdokuments, so verläuft die Zentralachse

vorzugsweise durch einen Mittelpunkt bzw. geometrischen Schwerpunkt des Volumenbereichs, in dem die transparenten Kanäle ausgebildet sind. Die Orientierung der Zentralachse ist hierbei vorzugsweise kollinear zu einer Oberflächennormale des opaken Substrats bzw. des Sicherheitselements oder Sicherheitsdokuments.

**[0039]** Um Licht einer ausreichenden Lichtstärke und unter den benötigten Orientierungen, welche mit den durch die Richtungsvektoren vorgegebenen Raumrichtungen korrespondieren, bereitzustellen, ist bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass das zumindest in einem Volumenbereich opake Substrat so in einen Dokumentkörper integriert wird, dass auf einer den Eintrittsseiten der transparenten Kanäle zugewandten Seite des opaken Substrats mindestens eine Lichtquelle in dem Sicherheitsdokument angeordnet ist. Die Lichtquelle kann beispielsweise als Leuchtdiode, beispielsweise organische Leuchtdiode, als Leuchtdiodenarray oder in Form eines andersartig ausgebildeten Displays ausgebildet sein. Bei wieder einer anderen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass Lumineszenzfarbstoffe in einer Substratschicht angeordnet sind, welche einer Eintrittsoberfläche des Substrats zugewandt ist, wobei die Eintrittsoberfläche des Substrats, in dem die transparenten Kanäle ausgebildet sind, jene Oberfläche ist, der die Eintrittsseiten der transparenten Kanäle zugewandt sind.

**[0040]** Bei einigen Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass die Lichtquelle, welche mehrere Leuchtmittel umfassen kann, oder Lichtquellen zu einer äußeren Oberfläche hin durch eine opake Schicht verdeckt sind. Hierdurch ist es nicht möglich, die Lichtquelle im inneren des Dokuments von außen visuell wahrzunehmen. Dies erschwert eine Fälschung oder eine Manipulation weiter, da eine Einbringung von zusätzlichen transparenten Kanälen in das Substrat von außen in der Weise, dass diese auf ein der im Innern beispielsweise als Punktlichtquelle ausgebildetes Leuchtmittel hin orientiert sind, weiter erschwert wird.

**[0041]** Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:

**[0042]** [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines Sicherheitselements in einer Verifikationssituation;

**[0043]** [Fig. 1a](#) eine schematische perspektivische Ansicht eines Ausschnitts des Substrats des Sicherheitselements;

**[0044]** [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines Sicherheitselements in einer Verifikationssituation, wobei das Sicherheits-



element eine zur Verifikation benötigte Abbildungsoptik umfasst;

**[0045]** **Fig. 3** eine schematische Ansicht einer Ausführungsform eines Sicherheitsdokuments in einer Verifikationssituation, wobei das Sicherheitsdokument eine Lichtquelle umfasst;

**[0046]** **Fig. 4** eine schematische Ansicht noch einer weiteren Ausführungsform eines Sicherheitsdokuments in einer Verifikationssituation, wobei das Sicherheitsdokument eine Lichtquelle mit mehreren Leuchtmitteln umfasst, und

**[0047]** **Fig. 5** ein schematisches Ablaufdiagramm eines Herstellungsverfahrens.

**[0048]** In **Fig. 1** ist schematisch ein Substrat **1** dargestellt. Dieses ist im dargestellten Beispiel in seinem gesamten Volumen opak für Licht in einem vorgegebenen Wellenlängenbereich, beispielsweise im sichtbaren Wellenlängenbereich ausgebildet. In dem Substrat **1** sind transparente Kanäle **2.1** bis **2.n** ausgebildet, die das opake Substrat als Durchgangslöcher vollständig durchdringen. Bei dem Substrat handelt es sich vorzugsweise um ein Kunststoffmaterial. Die transparenten Kanäle werden bei einer bevorzugten Ausführungsform mittels eines Lasers als Mikrokanäle ausgebildet. Jedem der transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** ist ein Raumvektor **4.1** bis **4.n** zugeordnet. Ein Raumvektor **4.1** bis **4.n** gibt zum einen eine Richtung des Mikrokanals, beispielsweise in Form eines Raumwinkels, welcher durch die Winkelkomponenten  $\alpha$ ,  $\rho$  angegeben ist, bezüglich einer Oberflächennormale **9** des Substrats **1** an. Darüber hinaus umfasst ein Raumvektor **4.1** bis **4.n** eine Angabe, welche beispielsweise einen Fußpunkt **10.1** bis **10.n** des Raumvektors in einer Ebene einer Eintrittsoberfläche **11** des Substrats **1** angibt. Ein Raumvektor **4.1** bis **4.n** charakterisiert somit eine Lage und Orientierung des transparenten Kanals **2.1** bis **2.n**, dem dieser Raumvektor **4.1** bis **4.n** zugeordnet ist.

**[0049]** Den transparenten Kanälen **2.1** bis **2.n** ist jeweils eine Eintrittsseite **12.1** bis **12.n** an der Eintrittsoberfläche **11** des Substrats **1** sowie eine Austrittsseite **13.1** bis **13.n** an einer Austrittsoberfläche **14** des Substrats **1** zugeordnet. Die transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** sind so ausgestaltet, dass sie einen Durchtritt durch das Substrat **1** jeweils von Licht begünstigen, welches entlang des Raumvektors **4.1** bis **4.n** durch das Substrat **1** hindurchtritt, welcher dem entsprechenden transparenten Kanal **2.1** bis **2.n** zugeordnet ist. Ein Lichtdurchtritt hiervon abweichender Richtungen wird durch die transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** möglichst weitestgehend unterbunden. Dies bedeutet, dass jeder der transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** vorzugsweise jeweils nur Licht entlang einer Raumrichtung, welche durch den dem transparenten Kanal **2.1** bis **2.12** zugeordneten Raumvektors

**4.1** bis **4.n** vorgegeben ist, gestattet. Es versteht sich, dass aufgrund einer endlichen Ausdehnung quer zu der durch den entsprechenden Raumvektor **4.1** bis **4.n** vorgegebenen Richtung im Verhältnis zur Länge des entsprechenden transparenten Kanals **2.1** bis **2.n** parallel zu der durch den zugeordneten Raumvektor **4.1** bis **4.n** vorgegebenen Richtung eine Winkelselektivität des entsprechenden transparenten Kanals **2.1** bis **2.n** nur mehr oder weniger stark ist. Je größer das Verhältnis von der Länge des transparenten Kanals zu der Querschnittsfläche des transparenten Kanals ist, desto größer ist die Richtungsselektivität des entsprechenden transparenten Kanals.

**[0050]** Über die Gesamtheit der transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** ist in dem Substrat **1** eine Information gespeichert. Um diese zu verifizieren bzw. erfassen zu können, wird das Substrat **1** mit einer geeigneten Lichtquelle **6** beleuchtet, so dass möglichst durch alle transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** Licht entlang des jeweils zugeordneten Raumvektors **4.1** bis **4.n** durch das opak ausgebildete Substrat **1** hindurchtritt. Das Licht tritt somit über die Eintrittsoberfläche des Substrats in die transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** ein und somit an den Eintrittsseiten **12.1** bis **12.n** in die entsprechenden Kanäle **2.1** bis **2.n** ein und an den Austrittsseiten **13.1** bis **13.n** aus der Austrittsoberfläche **14** des Substrats **1** wieder aus. Zur Verifikation wird das austretende Licht bzw. die Lichtstrahlen **15.1** bis **15.n** auf eine als Abbildungsoptik dienende Sammellinse **7** geführt. In einer Brennebene der Sammellinse **7** ist ein Schirm **8** angeordnet, welcher vorzugsweise parallel zur Austrittsoberfläche **14** des Substrats **1** orientiert ist. Lichtstrahlen **15.1** bis **15.n**, welche dieselbe Orientierung aufweisen, d. h. deren transparente Kanäle durch Raumvektoren **4.1** bis **4.n** charakterisiert sind, welche zueinander kollinear sind, werden auf dem Schirm **8** in demselben Bildpunkt **16.1** bis **16.k** abgebildet. Zu jedem Bildpunkt **16.1** bis **16.k** muss somit mindestens ein transparenter Kanal **2.1** bis **2.n** existieren, dessen Orientierung, d. h. dessen Winkelkoordinaten  $\alpha$ ,  $\beta$ , bezüglich einer Oberflächennormale **9** der Eintrittsoberfläche **11** des Substrats **1** mit jener Orientierung von Licht korrespondiert, das in dem Bildpunkt in der Fokalebene abgebildet wird. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass zu jedem Bildpunkt **16.1** bis **16.k** auf dem Schirm **8** genau eine Orientierung bzw. ein Richtungsvektor **3.1** bis **3.k** existiert. Licht oder Lichtstrahlen **15.1** bis **15.n**, welches oder welche kollinear oder parallel zu dem entsprechenden Richtungsvektor **3.1** bis **3.k** aus dem Substrat austritt oder austreten, wird durch die Sammellinse **7** auf den entsprechenden Bildpunkt **16.1** bis **16.k** abgebildet. Dies bedeutet, dass unabhängig von der Anordnung, d. h. einer Position des Fußpunkts **10.1** bis **10.n** des entsprechenden transparenten Kanals **2.1** bis **2.n** nur dessen Orientierung einen Einfluss darauf hat, in welchem Bildpunkt **16.1** bis **16.k** durch diesen transparenten Kanal **2.1** bis **2.n** hindurchtretendes Licht **15.1** bis **15.n** auf dem



Schirm abgebildet wird. Ein durch die Bildpunkte **16.1** bis **16.k** auf dem Schirm **8** vorgegebener Informationsgehalt ist somit durch einen Satz von Orientierungen, welche beispielsweise durch Richtungsvektoren **3.1** bis **3.k** angegeben sind, vollständig charakterisiert. Die Anzahl der zu einer Orientierung zugeordneten transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** legt lediglich eine Lichtmenge und somit eine Helligkeit des entsprechenden Bildpunktes fest, sofern für jeden der transparenten Kanäle der zugehörige Transmissionswert identisch ist. Das Substrat **1** stellt somit ein Sicherheitselement **20** dar.

**[0051]** In **Fig. 1a** ist schematisch ein Volumenausschnitt eines Substrats **1** ähnlich zu dem nach **Fig. 1** perspektivisch dargestellt. Gleiche technische Merkmale sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet. Gezeigt ist ein Kanal **2.n**, der durch einen zugeordneten Raumvektor **4.n** definiert ist. Mit dem Substrat **1** ist ein Koordinatensystem **24** gekoppelt. Die x-Richtung und die y-Richtung des kartesischen Koordinatensystems **24** liegen in der Eintrittsoberfläche **11** der Substratschicht **1**. Die z-Richtung weist in die Substratschicht hinein. Der Kanal ist durch die Koordinaten  $x_n$ ,  $y_n$  des Fußpunktes **10.n** des Raumvektors **4.n** in der Eintrittsoberfläche **11** und die Winkel  $\alpha_n$  und  $\rho_n$  charakterisiert. Der Winkel  $\alpha_n$  gibt den Winkel einer Mittelachse **25** einer Kanalprojektion **26** in die x-z-Ebene gemessen gegen die z-Richtung an. Entsprechend gibt  $\rho_n$  den Winkel einer Mittelachse **27** einer Kanalprojektion **28** in die y-z-Ebene gemessen gegen die z-Richtung an. Es wird angemerkt, dass abweichend zu den übrigen Figuren die x-y-Ebene des Koordinatensystems **24** hier mit der Eintrittsoberfläche des Substrats **1** zusammenfällt, während in den übrigen Figuren die x-y-Ebene mit der Bildebene zusammenfällt. Es ergibt sich, dass die Festlegung willkürlich gewählt werden kann.

**[0052]** In **Fig. 2** ist eine weitere Ausführungsform eines Sicherheitselements **20** dargestellt, bei dem die Abbildungsoptik bereits in das Sicherheitselement **20** integriert ist. Gleiche technische Merkmale sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0053]** Die Ausführungsform nach **Fig. 2** unterscheidet sich dadurch, dass das Substrat **1** an der Austrittsoberfläche **14** mit einer weiteren Substratschicht **21** verbunden ist. Die Verbindung wird beispielsweise in einem Laminationsschritt ausgebildet. Hierbei wird eine von der Austrittsoberfläche **14** abgewandte äußere Oberfläche **22** der weiteren Substratschicht strukturiert, dass diese abschnittsweise Linsenelemente **23** einer Sammellinse analog zu der Sammellinse **7** nach **Fig. 1** umfasst. Die einzelnen Linsenelemente **23** stellen gemeinsam die Abbildungsoptik dar, welche die aus den transparenten Kanälen **2.1** bis **2.n** austretenden Lichtstrahlen **15.1** bis **15.n** auf die Bildpunkte **16.1** bis **16.k** auf dem Schirm **8** abbildet. Eine Hauptebene **17** (vergleiche **Fig. 1**) der Linse ist hier-

bei parallel zu der Eintritts- bzw. Austrittsoberfläche **14** des Substrats **1** orientiert. Eine Zentralachse **18** der Abbildungsoptik ist vorzugsweise mittig bezüglich jenes Bereichs **19** orientiert, in dem die transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** in dem Substrat **1** ausgebildet sind. Bei Ausführungsformen, bei denen das Substrat nicht entlang seiner gesamten flächigen Ausdehnung opak ausgebildet ist, ist das Substrat zumindest in dem Bereich **19**, in dem die Kanäle ausgebildet sind, entlang der gesamten Erstreckung senkrecht zur Eintrittsoberfläche **11** opak ausgebildet.

**[0054]** Die Ausführungsform nach **Fig. 2** bietet den Vorteil, dass zur Verifikation keine getrennt ausgebildete Abbildungsoptik benötigt wird. Zur Verifikation sind lediglich eine geeignete Lichtquelle sowie ein Schirm notwendig, der in der Fokalebene angeordnet wird, die durch die in Form von Linsenelementen **23** ausgebildete Abbildungsoptik festgelegt ist.

**[0055]** In **Fig. 3** ist eine Ausführungsform eines Sicherheitselements **30** schematisch dargestellt, in welches ein Substrat **1** gemäß **Fig. 1** integriert ist. Angrenzend an die Eintrittsoberfläche **11** des Substrats **1** ist eine zusätzliche Substratschicht angeordnet, welche transparent oder diffus streuend ausgebildet ist. In dieser zusätzlichen Substratschicht **31** oder an einer Grenzfläche zu noch einer weiteren Substratschicht **32** ist eine Lichtquelle **6** in dem Sicherheitselement **30** ausgebildet. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Leuchtdiode, beispielsweise eine organische Leuchtdiode, handeln. Handelt es sich um eine Punktlichtquelle, so ist es vorteilhaft, wenn die zusätzliche Substratschicht **31** diffus streuend ausgebildet ist, da hierdurch sichergestellt wird, dass in jedem der transparenten Kanäle **2.1** bis **2.n** Licht parallel zu dem Raumvektor **4.1** bis **4.n** einfällt, der dem entsprechenden Kanal **2.1** bis **2.n** zugeordnet ist. Die noch weitere Substratschicht **32** ist bei bevorzugten Ausführungsformen opak ausgebildet, so dass eine Verifikation des Sicherheitsmerkmals, welches durch die in den transparenten Kanälen gespeicherte Information ausgebildet ist, nur verifiziert werden kann, sofern die Lichtquelle **6** aktiviert wird. Hierzu können in dem Sicherheitselement an geeigneter Stelle, beispielsweise durch die noch weitere Substratschicht **32** hindurch Zuleitungen zu der Lichtquelle **6** und elektrische Kontakte ausgebildet sein, welche hier aus Vereinfachungsgründen nicht dargestellt sind.

**[0056]** In **Fig. 4** ist noch eine weitere Ausführungsform eines Sicherheitselements **30** ähnlich zu dem nach **Fig. 3** dargestellt. Die Ausführungsform unterscheidet sich dadurch, dass die Lichtquelle mit mehreren Leuchtmitteln in Form eines Arrays, beispielsweise eines Leuchtdiodenarrays, ausgebildet ist. Hierdurch kann eine bessere Ausleuchtung der Mikrokanäle erreicht werden. Bei geeigneter Ausgestaltung kann erreicht werden, dass in einer Verlän-

gerung der durch den jeweiligen Raumvektor 4.1 bis 4.n vorgegebenen Durchtrittsrichtung eines jeden der transparenten Kanäle 2.1 bis 2.n eines der Leuchtmittel 33 angeordnet ist. Hierdurch kann die Lichtmenge, welche durch die transparenten Kanäle 2.1 bis 2.n transmittiert wird, deutlich erhöht werden, welches eine Verifikation deutlich vereinfacht.

**[0057]** Die in den Fig. 1, Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Ausführungsformen können am einfachsten mit einer Verifikationsvorrichtung verifiziert werden, welche eine Abbildungsoptik, beispielsweise in Form der Sammellinse 7, und einen hierzu in deren Fokalebene angeordneten Schirm 8 umfasst. Vorzugsweise ist die Sammellinse 7 so ausgebildet, dass eine Oberseite 41 als Auflagefläche für das Sicherheitsdokument 30 bzw. das Sicherheitselement 20 dienen kann. Für eine Verifikation einer Ausführungsform nach Fig. 1 umfasst die Verifikationsvorrichtung 51 zusätzlich eine Lichtquelle 6. Diese kann als Punktlichtquelle ausgebildet sein oder mehrere Leuchtmittel und/oder einen Lichtstreuer umfassen, um eine möglichst flächige Lichtquelle bereitzustellen.

**[0058]** Bei den in Fig. 1 bis Fig. 4 dargestellten Ausführungsformen handelt es sich selbstverständlich lediglich um beispielhafte Ausführungsformen. So können Ausführungsformen vorgesehen werden, bei denen das Sicherheitsdokument ebenfalls die Abbildungsoptik ähnlich zu der Ausführungsform nach Fig. 2 umfasst. Ferner kann eine Folienanzahl und -ausgestaltung variiert sein, aus der ein Dokumentkörper gebildet wird.

**[0059]** Bei den Ausführungsformen nach Fig. 3 und Fig. 4 kann die Verifikationsvorrichtung eine Anregungs-/Aktivierungseinheit 52 umfassen, die die im Innern des Sicherheitsdokuments ausgebildete Lichtquelle 6 und gegebenenfalls deren Leuchtmittel 33 zur Lichterzeugung anregt. Dieses kann je nach Ausführung der Lichtquelle mittels elektromagnetischer Strahlung (im Falle einer Lumineszenzlichtquelle oder bei einer mit einer Antenne ausgebildeten LED- oder OLED-Anordnung) oder mittels des Bereitstellens einer Spannung an nicht dargestellten Kontakten, beispielsweise bei einer elektrisch betriebenen Lichtquelle, insbesondere bei einer mit Kontakten versehenen LED oder OLED erfolgen, um nur einige Beispiele zu nennen.

**[0060]** Eine Herstellung eines beispielhaften als Sicherheitsdokument ausgebildeten Sicherheitselements wird anhand von Fig. 5 noch einmal exemplarisch erläutert. Zunächst werden zu speichernde Informationen bereitgestellt 61. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine so genannte personalisierende Information handeln, d. h. eine Information, die eine Angabe über eine Person bereitstellt, der das Sicherheitselement bzw. hergestellte Sicherheitsdokument zugeordnet wird. Anschließend werden die

zur Darstellung der zu speichernden Information notwendigen Bildpunkte einer grafischen Darstellung in Orientierungen bzw. Richtungsvektoren umgerechnet 62. Diese Verfahrensschritte stellen zusammen gemeinsam den Verfahrensschritt "Bereitstellen der Information in Form eines Satzes von Orientierungen" dar 63. Ferner wird ein opakes Substrat, beispielsweise in Form einer Folie, bereitgestellt 64. In dieses opake Substrat werden anschließend Mikrokanäle als transparente Kanäle vorzugsweise mittels Laserstrahlung eingebracht 65. Um eine ungewollte Verschmutzung der Mikrokanäle zu vermeiden und/oder (wie im hier dargestellten Ausführungsbeispiel) um bei einer Lamination mit weiteren Substratschichten zu einem Dokumentkörper eine Deformation der ausgebildeten Mikrokanäle insbesondere jener zu vermeiden, welche nicht senkrecht zur Oberfläche des opaken Substrats orientiert sind, ist es vorteilhaft, die Mikrokanäle mit einem nicht komprimierbaren Material, beispielsweise transparentem Polymermaterial, zu verfüllen 66. Dies kann beispielsweise mittels Einrakeln oder auch eines Siebdruckverfahrens oder anderen Verfahren, beispielsweise einen Tintenstrahldruck, ausgeführt werden, welche es ermöglichen, die Mikrokanäle mit einem entsprechenden Material zu verfüllen. Um das Sicherheitsmerkmal, welches ausgebildet wird, in ein Sicherheitsdokument zu integrieren, ist es, wie bereits erwähnt, vorteilhaft, wenn das opake Substrat mit weiteren Folien zu einem Dokumentkörper zusammengefügt wird. Hierfür werden weitere Substratschichten bereitgestellt 67. Anschließend wird das opake Substrat, in dem die Mikrokanäle ausgebildet sind, welche mit einem transparenten Material verfüllt sind, mit den weiteren Folien bzw. Substratschichten zusammengefügt. Hierzu werden die Substratschichten zunächst zusammengetragen 68, wobei beispielsweise auch eine Lichtquelle mit einem oder mehreren Leuchtmitteln eingefügt werden kann 69. Anschließend wird das Zusammenfügen dadurch abgeschlossen, dass die Substratschichten unter Anwendung von Temperatur und Druck miteinander zu einem Dokumentkörper laminiert werden 70. Hierbei oder anschließend können in einer äußeren Substratschicht Linsenelemente ausgebildet werden, welche eine Abbildungsoptik ausbilden 71.

**[0061]** Es versteht sich für den Fachmann, dass hier lediglich ein beispielhaftes Verfahren beschrieben ist. Einzelne Verfahrensschritte, beispielsweise das Zusammenfügen mit weiteren Substratschichten, zum Integrieren einer Lichtquelle oder ein Ausbilden von Linsenelementen können unterbleiben, um einfache Ausführungsformen des Sicherheitselements zu fertigen.

**[0062]** Die in den einzelnen Ausführungsformen beschriebenen Merkmale können in beliebiger Kombination verwendet werden, um die Erfindung auszuführen.

## Bezugszeichenliste

1	Substrat
2.1–2.n	transparente Kanäle
3.1–3.k	Richtungsvektoren
4.1–4.n	Raumvektoren
6	Lichtquelle
7	Sammellinse
8	Schirm
9	Oberflächennormale
10.1–10.n	Fußpunkte der Raumvektoren
11	Eintrittsoberfläche
12.1–12.n	Eintrittsseiten
13.1–13.n	Austrittsseiten
14	Austrittsoberfläche
15.1–15.n	Lichtstrahlen
16.1–16.k	Bildpunkte
17	Hauptebene der Sammellinse
18	Zentralachse der Sammellinse
19	Bereich, in dem transparente Kanäle ausgebildet sind
20	Sicherheitselement
21	weiteres Substrat
22	äußere Oberfläche
23	Linsenelemente
24	Koordinatensystem
25	Mittelachse
26	Kanalprojektion (x-z-Ebene)
27	Mittelachse
28	Kanalprojektion (y-z-Ebene)
30	Sicherheitsdokument
31	zusätzliche Substratschicht
32	noch weitere Substratschicht
33	Leuchtmittel
41	Oberseite
51	Verifikationsvorrichtung
52	Anregungs-/Aktivierungseinheit
61–71	Verfahrensschritte

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitselements (20), insbesondere für ein Sicherheitsdokument (30), umfassend die Schritte:  
Bereitstellen eines Substrats, das zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opak für Licht ausgebildet ist,  
Bereitstellen einer zu speichernden Information in Form eines Satzes von Orientierungen,  
Speichern der Information in dem Substrat (1), indem transparente Kanäle (2.1 bis 2.n) in dem opaken Substrat (1) innerhalb des opaken Volumenbereichs ausgebildet werden,  
so dass jeder der Orientierungen mindestens einer der transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) zugeordnet ist, wobei jeder der Kanäle (2.1 bis 2.n) jeweils einen Durchtritt von Licht entlang eines dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) begünstigt, der kollinear zu der Orientierung ist, der der jeweilige transparente Kanal zugeordnet ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) mittels Laserstrahlung in Form von Mikrokanälen in dem opaken Volumenbereich des Substrats (1) ausgebildet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest in einem Volumenbereich opake Substrat (1) als Folie bereitgestellt wird, und das Substrat (1) mit weiteren Folien laminiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) so ausgebildet werden, dass jeder der transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) jeweils einen Durchtritt von Licht ausschließlich entlang des dem jeweiligen Kanal zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) zulässt.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) vor dem Laminieren mit einem transparenten Material gefüllt werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den transparenten Kanälen (2.1 bis 2.n) eine Eintrittsseite (12.1 bis 12.n) und eine Austrittsseite (13.1 bis 13.n) zugeordnet ist und an einer Austrittsoberfläche (14), welche die den Austrittsseiten (13.1 bis 13.n) benachbarte Oberfläche des Dokumentkörpers oder des Substrats (1) ist, Linsenelemente (23) ausgebildet werden, dass diese gemeinsam entlang der den jeweiligen Mikrokanälen (2.1 bis 2.n) zugeordneten Raumvektoren (4.1 bis 4.n) durch die Mikrokanäle durchtretendes Licht auf einem Schirm (8), der in einem vorgegebenen Abstand und in einer vorgegebenen Orientierung relativ zu der Austrittsoberfläche (14) angeordnet ist, so abbilden, dass auf dem Schirm (8) der mittels der Mikrokanäle (2.1 bis 2.n) gespeicherte Informationsgehalt in einer grafischen Darstellung wahrnehmbar ist.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bereitstellen der zu speichernden Information ein Berechnen einer Orientierung für jeden der Bildpunkte (16.1 bis 16.n) umfasst, der zum Darstellen des grafisch wahrnehmbaren Informationsgehalts notwendig ist, wobei jeder Bildpunkt (16.1 bis 16.n) als Punkt in einer Fokalebene einer Sammellinse vorgegebener Brennweite aufgefasst wird.

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) in dem opaken Substrat (1) innerhalb des opaken Volumenbereichs so ausgebildet werden, dass jeder der Orientierungen jeweils

mehrere der transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) zugeordnet sind.

9. Sicherheitselement (20) für ein Sicherheitsdokument (30) umfassend ein Substrat (1) das zumindest in einem zusammenhängenden Volumenbereich opak für Licht ausgebildet ist; wobei innerhalb des opaken Volumenbereichs des Substrats (1) transparente Kanäle (2.1 bis 2.n) zur Speicherung einer Information ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) so ausgebildet sind, dass jeder der Kanäle (2.1 bis 2.n) jeweils einen Durchtritt von Licht entlang eines dem transparenten Kanal (2.1 bis 2.n) zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) begünstigt, wobei die Kanäle (2.1 bis 2.n) so ausgebildet sind, dass entlang der Raumvektoren (4.1 bis 4.n) durch die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) des Substrats (1) hindurchtretendes Licht mittels einer vorgegebenen Abbildungsoptik auf einem in einer vorgegebenen Orientierung zu der Abbildungsoptik angeordneten Schirm (8) in eine grafische Darstellung abbildbar ist, so dass ein Informationsgehalt der gespeicherten Information aus der grafischen Darstellung erfasst werden kann.

10. Sicherheitselement (20) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die transparenten Kanäle (2.1 bis 2.n) als Mikrokanäle ausgebildet sind.

11. Sicherheitselement (20) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Kanäle (2.1 bis 2.n) jeweils einen Durchtritt von Licht ausschließlich entlang des dem transparenten Kanal (2.1 bis 2.n) zugeordneten Raumvektors (4.1 bis 4.n) zulässt.

12. Sicherheitselement (20) nach Anspruch 9 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (1) mit mindestens einer weiteren Substratschicht (21) laminiert ist und in der mindestens einen weiteren Substratschicht (21) die vorgegebene Abbildungsoptik ausgebildet ist.

13. Sicherheitselement (20) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsoptik in Form von Linsenelementen (23) ausgebildet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

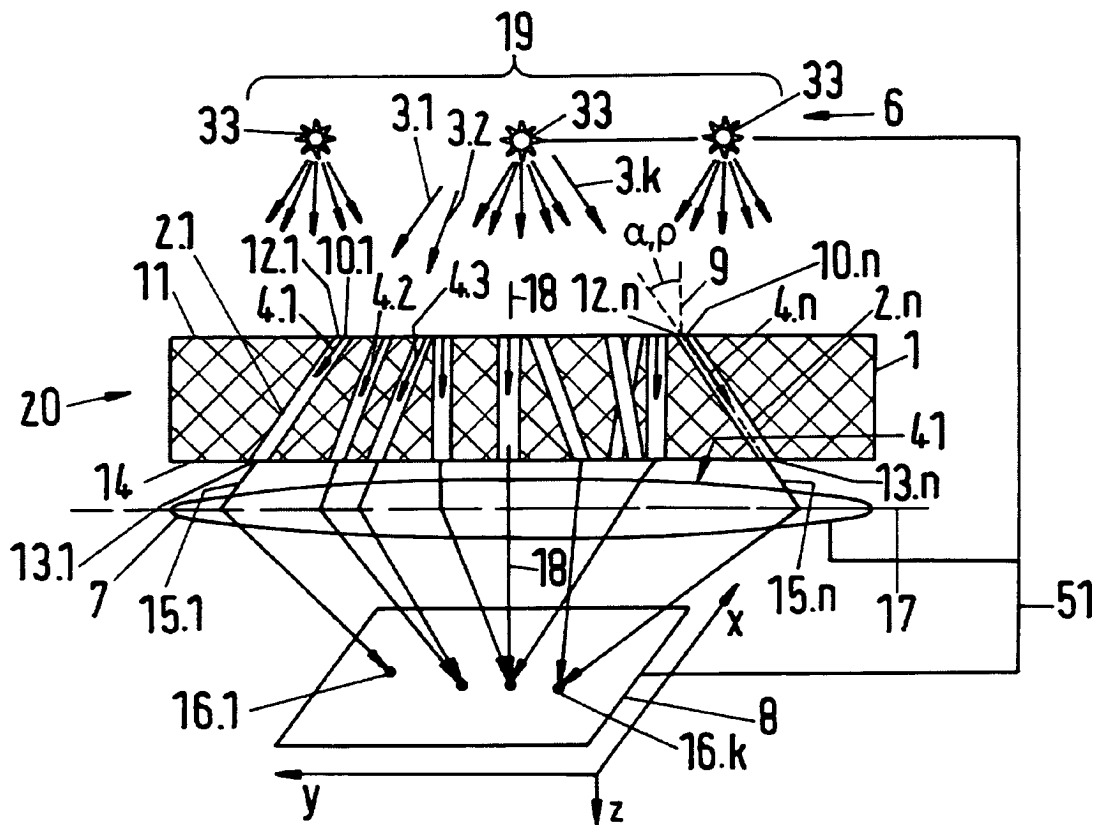


Fig.1

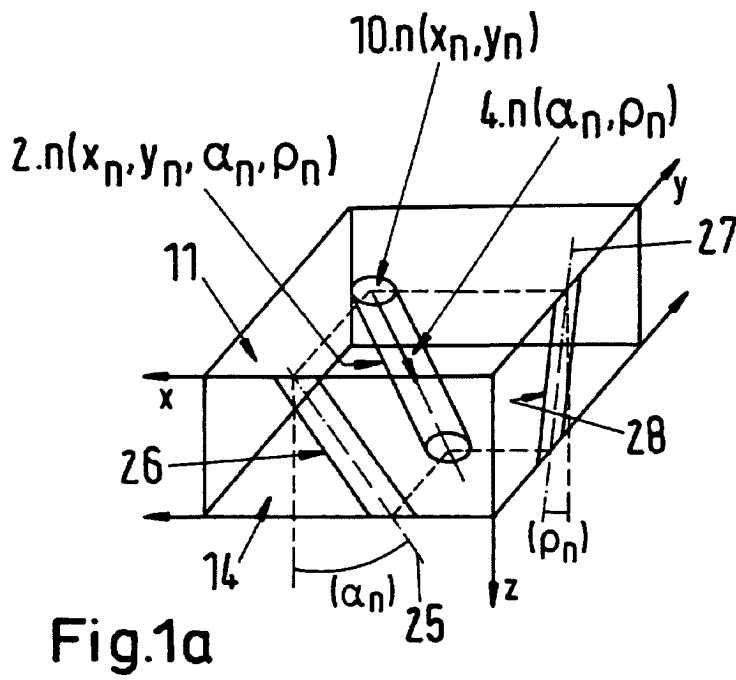


Fig.1a

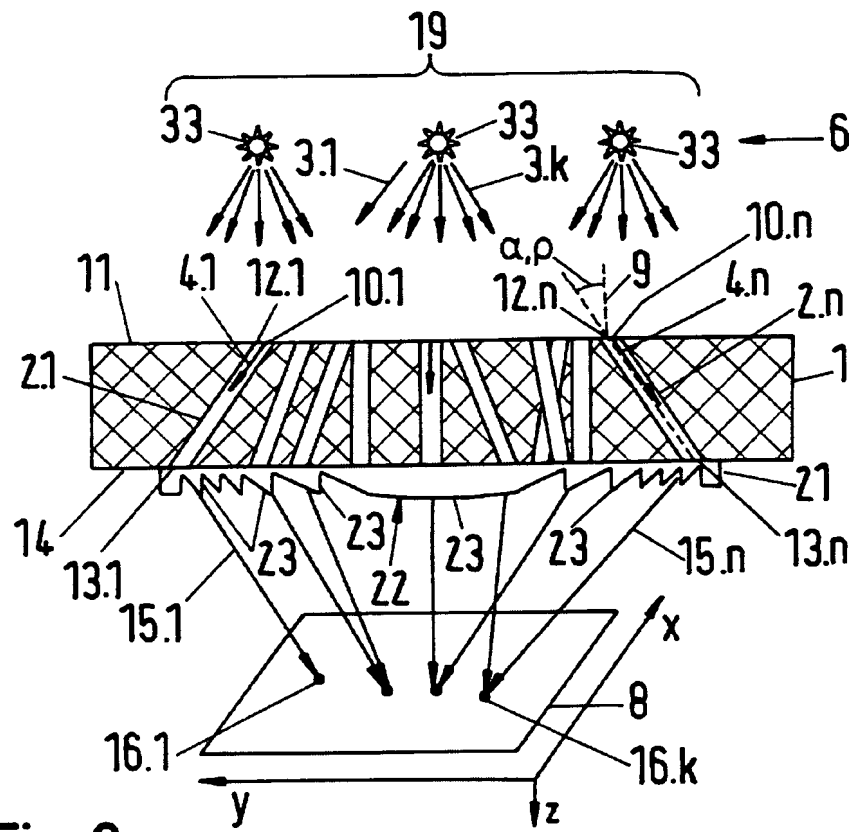
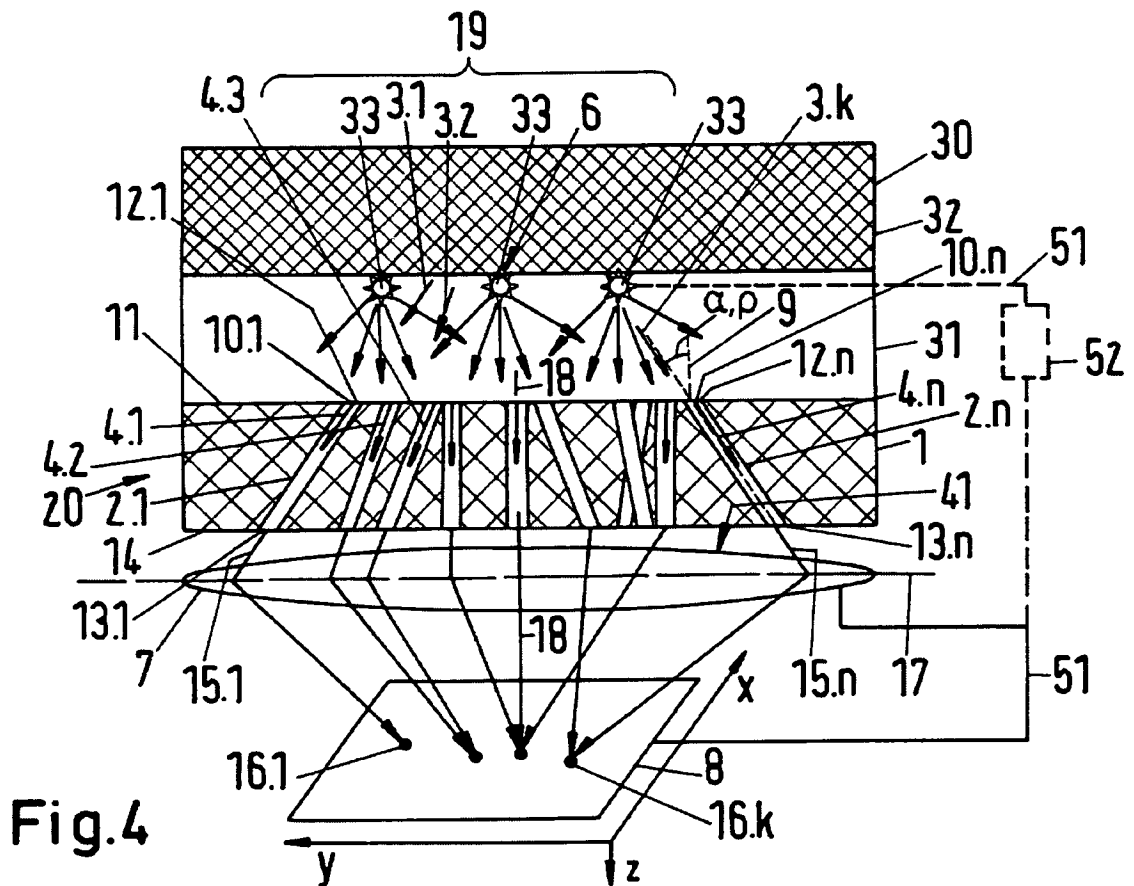
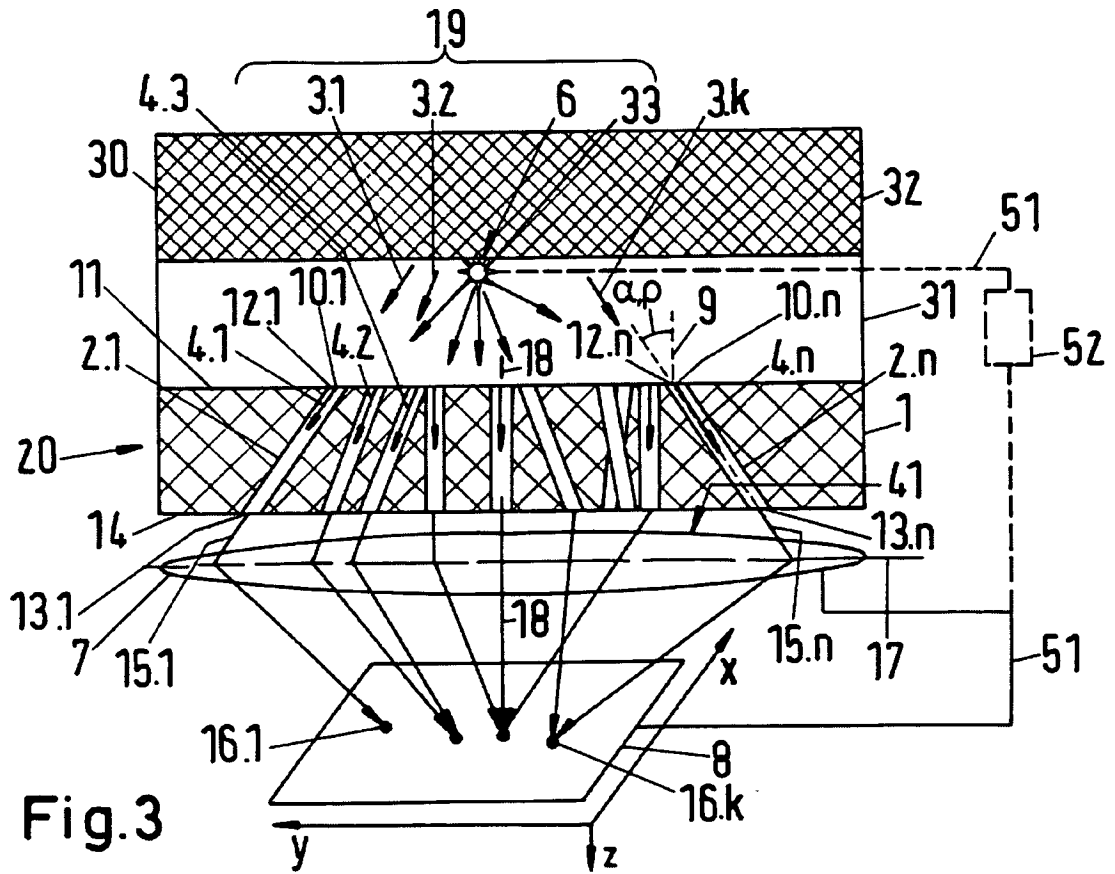


Fig.2





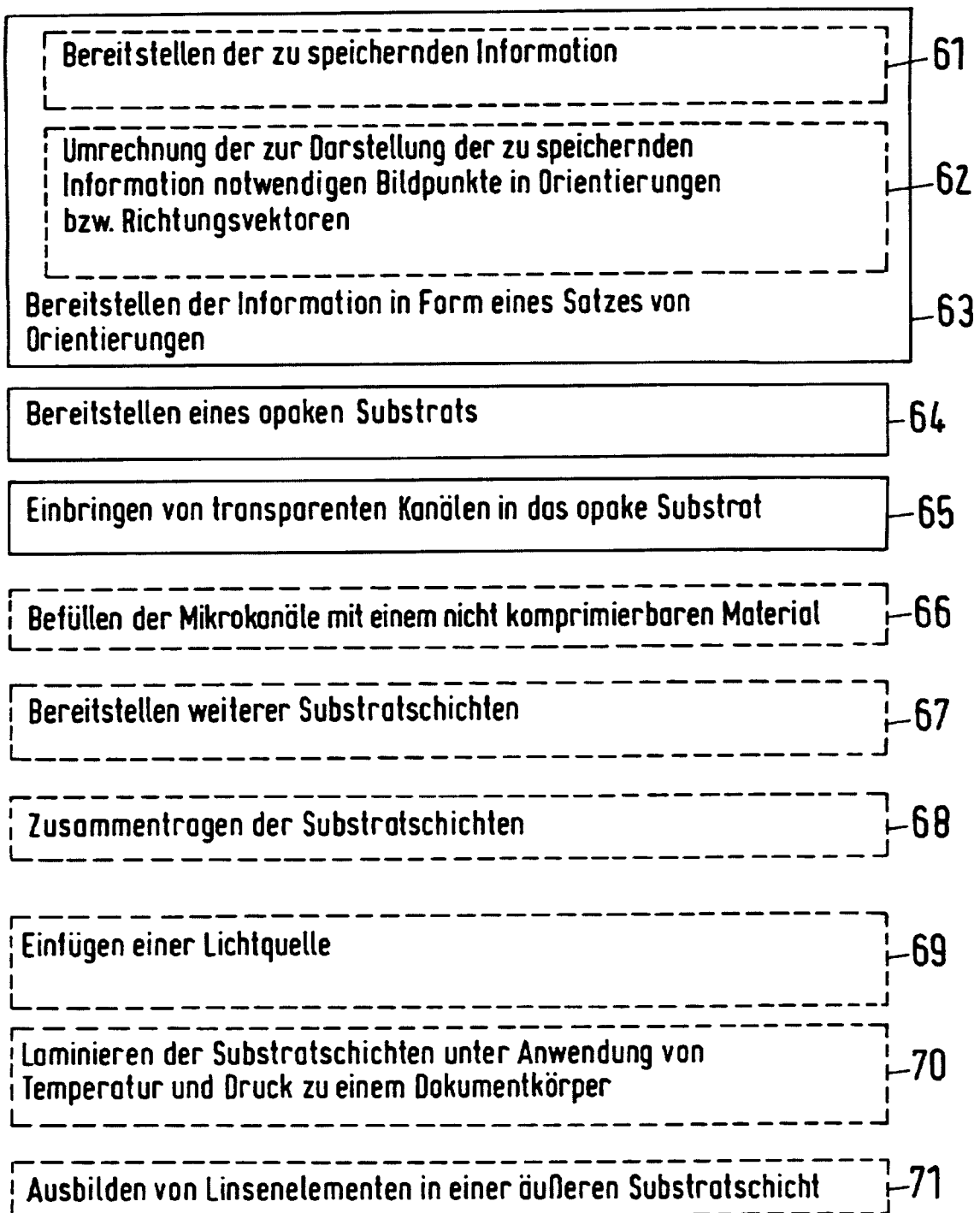


Fig.5