



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.12.2009 Patentblatt 2009/53**

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

(21) Anmeldenummer: **09160380.3**

(22) Anmeldetag: **15.05.2009**

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

(72) Erfinder:  
• **Pflughoefft, Dr. Malte**  
**13347, Berlin (DE)**  
• **Kunath, Christian**  
**12203, Berlin (DE)**

(30) Priorität: **23.06.2008 DE 102008002583**

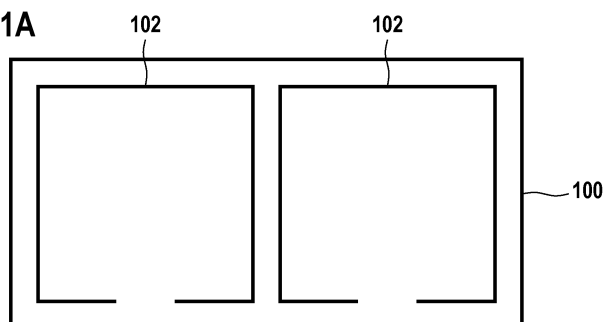
(71) Anmelder: **Bundesdruckerei GmbH**  
**10958 Berlin (DE)**

(74) Vertreter: **Richardt, Markus Albert**  
**Leergasse 11**  
**65343 Eltville (DE)**

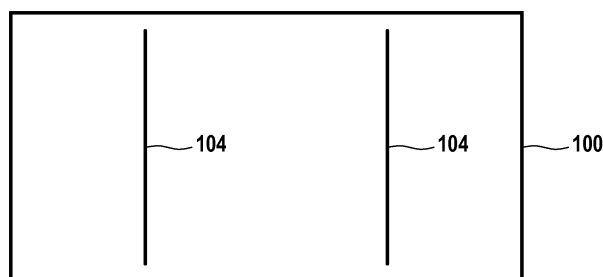
(54) **Wert- oder Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitsmerkmal**

(57) Die Erfindung betrifft ein Wert- oder Sicherheitsdokument mit zumindest einem Strukturelement (102, 104) zur Bildung eines Metamaterials

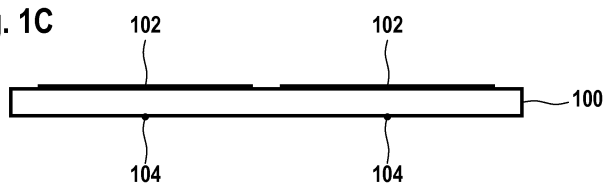
**Fig. 1A**



**Fig. 1B**



**Fig. 1C**



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Wert- oder Sicherheitsdokument mit einem Sicherheitsmerkmal, ein Gerät zur Prüfung der Anzahl der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente und ein Gerät zur Prüfung der Echtheit der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente sowie Verfahren zur Prüfung der Anzahl von Dokumenten eines Dokumentenstapels und zur Prüfung der Echtheit eines oder mehrerer Dokumente, insbesondere eines Dokumentenstapels.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Sicherheitsmerkmale für Wert- oder Sicherheitsdokumente bekannt, insbesondere Sicherheitsmerkmale des Wert- oder Sicherheitsdrucks. Solche Sicherheitsmerkmale können visuell durch einen Benutzer und/oder maschinell durch einen Sensor geprüft werden. Zu den bekannten Sicherheitsmerkmalen zählen beispielsweise:

- Guillochen: Guillochen werden mit Hilfe von so genanntem Liniendruck auf das Dokument aufgedruckt. Sie bestehen im Allgemeinen aus in verschiedenen Farben übereinander gedruckten Wellen- und Schleifenmustern;
- Mikro-Schrift: Hierbei handelt es sich um aufgedruckte Schriftzüge in kleinster Schrift. Mit bloßem Auge lässt sich die Mikro-Schrift kaum erkennen. Beispielsweise ist Mikro-Schrift auf den Euro-Banknoten als Bildelemente in die Motive eingearbeitet. Mit Hilfe einer Lupe kann die Mikro-Schrift gelesen werden;
- Metamere Systeme: Aufgrund metamerer Farbgleichheit können unterschiedliche spektrale Zusammensetzungen des Lichts bei Menschen den gleichen Farbeindruck hervorrufen;
- Aufdrucke mit Fluoreszenz, Phosphoreszenz und/oder Up-Conversion-Farben;
- Aufdrucke mit Infrarot-Farbe: Die Farbe wird nur unter Infrarot-Strahlung für Lesegeräte mit entsprechenden Sensoren sichtbar. Beispielsweise sind Euro-Banknoten mit diesem optischen Sicherheitsmerkmal ausgestattet;
- Barcodes, insbesondere ein- oder zweidimensionale Barcodes;
- Optisch variable Farben (OVI-Optical Variable Ink): Bei einer optisch variablen Farbe ändert sich der Farbeindruck je nach Betrachtungswinkel, da das Licht an den Pigmenten gebrochen, gestreut oder reflektiert wird;
- Hologramme und Kinegramme (transparent oder reflektierend);

- Wasserzeichen, insbesondere digitale Wasserzeichen, die eine maschinell auslesbare Information tragen;

- 5 - Passerdruck: Verschiedene Muster oder Symbole werden so über- oder aneinander gedruckt, dass sie zusammen ein bestimmtes Bild ergeben. Kleinste Abweichungen im Stand, d.h. so genannte Passerungenauigkeiten, können leicht mit bloßem Auge erkannt werden. Wenn sich die Teilbilder auf verschiedenen Seiten des Dokuments, wie zum Beispiel einer Banknote, befinden, bezeichnet man dieses optische Sicherheitsmerkmal als Durchsichtspasser;

- 15 - Durchsichtsfenster: Ein Fenster aus einer transparenten Kunststoffolie ist in dem Dokument eingearbeitet;

- 20 - Melierfasern: Dem Papier des Dokuments werden Fasern beigemischt, die unter UV-Licht in verschiedenen Farben leuchten;

- 25 - Sicherheitsfaden;

- Mikroperforation.

**[0003]** Typischerweise hat ein Wert- oder Sicherheitsdokument mehrere solcher Sicherheitsmerkmale, um die Sicherheit gegen Manipulationen oder Nachstellungen weiter zu erhöhen.

**[0004]** Um eine größere Anzahl von Dokumenten zu verifizieren werden diese nach dem Stand der Technik vereinzelt, gezählt und einzeln auf Echtheit geprüft. Diese Prozedur ist aufwendig, langsam und bedarf mechanisch komplexer Geräte.

**[0005]** Der Erfindung liegt dem gegenüber die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Wert- oder Sicherheitsdokument zu schaffen. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Gerät zur Prüfung der Anzahl der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente oder zur Prüfung der Echtheit der in dem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente zu schaffen sowie Verfahren zur Prüfung der Anzahl oder der Echtheit von Dokumenten.

**[0006]** Die der Erfindung zu Grunde liegenden Aufgaben werden jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

**[0007]** Nach Ausführungsformen der Erfindung wird ein Wert- oder Sicherheitselement mit zumindest einem Strukturelement zur Bildung eines Metamaterials geschaffen.

**[0008]** Unter einem "Metamaterial" versteht man ein Material mit einem negativen Brechungsindex. Solche Metamaterialien sind an sich aus dem Stand der Technik bekannt, vgl. insbesondere "Spektrum der Wissen-

schaft", Oktober 2006, Seiten 74 bis 81, "Electro-magnetic Resonances in Individual and Coupled Split-Ring Resonators", Journal of Applied Physics, Volume 92, No. 5, 1. September 2002, Seiten 2929 bis 2936; US 6,958,729 B1. Einen Überblick über verschiedene bekannte Metamaterialien gibt der Eintrag für "Metamaterial" in Wikipedia (<http://de.wikipedia.org/wiki/metamaterial>). Dort finden sich weitere Einzelnachweise und Literaturangaben zu Metamaterialien.

**[0009]** Ein Metamaterial wird durch die räumlich verteilte Anordnung von Strukturelementen gebildet, die auch als "unit cells" oder "metamaterial unit cells" bezeichnet werden. Die Abmessung eines Strukturelements, d.h. einer unit cell, sind kleiner als die Wellenlänge des sichtbaren Lichts. Mögliche Ausführungen von solchen Strukturelementen, durch die Metamaterialien gebildet werden können, sind beispielsweise beschrieben in Chamfered band based on metamaterial unit cell, Li Jiusheng, China Jiliang Univ., Hangzhou; Microwave and Millimeter Wave Technology, 2007. ICMMT'07. Publication Date: 18-21 April 2007, Seiten 1-4; ISBN: 1-4244-1049-5, INSPEC Accession Number: 9867188.

**[0010]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung kann das Wert- oder Sicherheitsdokument so ausgebildet sein, dass es bereits dann ein Metamaterial darstellt, wenn es vereinzelt ist. Nach alternativen Ausführungsformen ist ein erfindungsgemäßes Wert- oder Sicherheitselement so ausgebildet, dass ein aus mehreren solcher Wert- oder Sicherheitsdokumente gebildeter Dokumentenstapel ein Metamaterial bildet.

**[0011]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem Strukturelement des Wert- oder Sicherheitsdokuments um eine Leitungsstruktur. Die Leitungsstruktur kann zur Bildung eines Gitters oder eines Resonators ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Leitungsstruktur stabantennenförmig ausgebildet sein oder als Spaltring-Resonator, insbesondere als Doppeltspaltring-Resonator.

**[0012]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung ist das Strukturelement des Wert- oder Sicherheitsdokuments metallisch oder aus einem leitfähigen Kunststoff, wie zum Beispiel PEDOT, hergestellt. Insbesondere kann die Leitungsstruktur mit Hilfe einer leitfähigen Tinte aufgedruckt sein.

**[0013]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei dem Strukturelement um eine inverse Leitungsstruktur. In diesem Fall beinhaltet das Wert- oder Sicherheitsdokument beispielsweise einen Bereich, der vollflächig als Leiter ausgebildet ist. Das Strukturelement ist in diesem Bereich als Ausnehmung realisiert, beispielsweise indem dieses durch Wegätzen des leitfähigen Materials in dem Bereich realisiert wird.

**[0014]** Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Strukturelement als nicht-leitfähige Struktur ausgebildet, insbesondere als dielektrische Struktur, wie zum Beispiel als dielektrische Kugel.

**[0015]** Nach Ausführungsformen der Erfindung beinhaltet das Wert- oder Sicherheitsdokument mehr als

ein Strukturelement zur Bildung des Metamaterials. Beispielsweise beinhaltet eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wert- oder Sicherheitsdokuments erste und zweite der Strukturelemente, die zueinander komplementär sind, um in dem Dokumentenkörper oder in einem Dokumentenstapel das Metamaterial zu bilden. Beispielsweise bewirkt das erste Strukturelement eine negative Permittivität, wohingegen das zweite Strukturelement zu einer negativen effektiven Permeabilität führt. Hierdurch ergeben sich zueinander komplementäre Strukturelemente, die in ihrem Zusammenwirken einen negativen Brechungsindex zur Folge haben.

**[0016]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung sind die Strukturelemente in dem Wert- oder Sicherheitsdokument oder einem aus solchen Dokumenten gebildeten Dokumentenstapel in einem räumlichen Muster angeordnet. Beispielsweise wiederholt sich dieses räumliche Muster in horizontaler und/oder vertikaler Richtung. Das räumliche Muster kann bereits in einem einzelnen der Dokumente vorhanden sein, oder es ergibt sich erst durch die Stapelung mehrerer solcher Dokumente.

**[0017]** Nach Ausführungsformen der Erfindung hat ein Wert- oder Sicherheitsdokument einen schichtförmigen Aufbau. Beispielsweise befindet sich ein erstes der Strukturelemente in einer ersten Schicht des Dokuments und ein zweites der Strukturelemente in einer von der ersten Schicht beabstandeten zweiten Schicht. Zwischen den ersten und zweiten Schichten können sich ein oder mehrere dritte Schichten befinden, die den gewünschten Abstand zwischen der ersten und der zweiten Schicht herstellen. Die verschiedenen Schichten können beispielsweise durch aufeinander laminierte Folien gebildet werden.

**[0018]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung handelt es sich bei Wert- oder Sicherheitsdokument um ein Ausweisdokument, d.h. ein ID-Dokument, wie zum Beispiel einen Personalausweis, Reisepass, Führerschein oder Firmenausweis, oder ein Zahlungsmittel, wie z.B. eine Banknote, eine Kreditkarte, oder einen sonstigen Berechtigungsnachweis, wie z.B. eine Eintrittskarte, einen Frachtbrief, ein Visum oder dergleichen.

**[0019]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung hat das Dokument einen Dokumentenkörper, der papierbasiert und/oder kunststoffbasiert ist. Insbesondere kann es sich bei dem Dokument um eine Chipkarte handeln.

**[0020]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung einen Dokumentenstapel aus erfindungsgemäßen Wert- oder Sicherheitsdokumenten. Durch den Dokumentenstapel wird ein Metamaterial gebildet. Die Eigenschaft des Dokumentenstapels als Metamaterial zu wirken, kann für verschiedene Prüfwerte verwendet werden, wie zum Beispiel zur Prüfung, ob der Dokumentenstapel eine vorgegebene Anzahl der Dokumente tatsächlich aufweist, und/oder ob die Dokumente des Dokumentenstapels echt sind.

**[0021]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Gerät zur Prüfung der Anzahl der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente oder zur Prüfung der

Echtheit der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente, wobei es sich bei den Dokumenten um Wert- oder Sicherheitsdokumente nach einem der vorhergehenden Ansprüche handelt, mit Mitteln zur Bestrahlung des Dokumentenstapels mit einer Strahlung einer Frequenz, bei der der Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex aufweist, Mitteln zur Detektion einer Soll-Position des Strahlengangs der Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel, und Mitteln zur Ausgabe eines Signals in Abhängigkeit davon, ob die Strahlung an der Soll-Position detektiert wird.

**[0022]** Beispielsweise ist das Gerät so ausgebildet, dass in Abhängigkeit von der Detektion der Strahlung an der Soll-Position ein Signal ausgegeben wird. Beispielsweise wird ein erstes Signal dann ausgegeben, wenn die Strahlung an der Soll-Position detektiert wird, um hierdurch zu signalisieren, dass keine Dokumente in dem Dokumentenstapel fehlen, oder dass sich nur echte Dokumente in dem Dokumentenstapel befinden. Wird die Strahlung nicht an der Soll-Position detektiert, so wird ein zweites Signal ausgegeben, um den gegenteiligen Fall zu signalisieren.

**[0023]** Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Geräts können für die Prüfung nur eines bestimmten Dokumententyps und einer vorgegebenen Anzahl von in einem Stapel zusammengefassten Dokumenten dieses Dokumententyps ausgebildet sein. Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Geräts können aber auch für die Prüfung unterschiedlicher Dokumententypen und unterschiedlicher Anzahlen von in einem Dokumentenstapel zusammengefassten Dokumenten eines gewählten Dokumententyps ausgebildet sein.

**[0024]** Beispielsweise kann ein Benutzer die Anzahl und/oder einen Dokumententyp auswählen. Aus der Anzahl und/oder dem Dokumententyp wird dann durch das Gerät die Soll-Position bestimmt. Hierzu kann das Gerät je nach Ausführungsform zum Beispiel auf einen Tabelleneintrag zugreifen oder die Soll-Position durch Berechnung ermitteln.

**[0025]** Beispielsweise kann das Gerät aus der gemessenen Ist-Position die Anzahl der Dokumente ermitteln und ausgegeben. Gegebenenfalls kann dieser ermittelte Wert mit einem Soll-Wert verglichen werden.

**[0026]** Nach Ausführungsformen der Erfindung wird durch den Dokumententyp die Frequenz bestimmt, bei der der Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex hat. Der Benutzer kann also beispielsweise eine Auswahl eines Dokumententyps aus einer vorgegebenen Menge von Dokumententypen in das Gerät eingeben. Aus dieser Auswahl ermittelt das Gerät dann die Frequenz für die Bestrahlung des Dokumentenstapels. Beispielsweise greift das Gerät hierzu auf eine Zuordnungstabelle zu, in der die den verschiedenen Dokumententypen jeweils zugeordneten Frequenzen gespeichert sind.

**[0027]** Das Gerät kann auch so ausgebildet sein, dass es beispielsweise aus den räumlichen Abmessungen des Dokumentenstapels den Dokumententyp und/oder

die Soll-Anzahl ermittelt. Beispielsweise hat das Gerät einen Sensor, insbesondere einen optischen Sensor, um den Dokumententyp eines in das Gerät zur Prüfung eingeführten Dokumentenstapels festzustellen. Aus der z.B. optisch, mechanisch oder mittels Ultraschall sensierten Höhe des Dokumentenstapels kann die Soll-Anzahl der gestapelten Dokumente ermittelt werden. Dies ist besonders vorteilhaft für die Prüfung von Banknotenstapeln, da die Banknoten unterschiedliche Größen haben, die sich optisch sensieren lassen, um daraus den Dokumententyp abzuleiten. Ferner werden Banknoten typischerweise in Bündeln vorgegebener Anzahlen, wie zum Beispiel je nach Banknote 50, 100 oder 200 Stück gestapelt.

**[0028]** Durch Messung der Höhe des Banknotenstapels lässt sich daher die Soll-Anzahl ermitteln.

**[0029]** Zur Prüfung, ob ein Banknotenbündel einer bestimmten Soll-Anzahl, die zum Beispiel auf einer das Bündel zusammenhaltende Banderole aufgedruckt ist, tatsächlich diese Anzahl von Banknoten aufweist, wird zunächst diese Soll-Anzahl durch optisches Lesen des Aufdrucks der Banderole ermittelt und/oder durch Messung der Höhe des Banknotenstapels, wenn das Banknotenbündel in das Gerät eingeführt wird. Ein zeitaufwendiges maschinelles oder händiges Nachzählen der Banknoten kann durch Einsatz eines erfindungsgemäßen Geräts entfallen.

**[0030]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Prüfung, ob ein Dokumentenstapel eine vorgegebene Soll-Anzahl der Dokumente aufweist, mit folgenden Schritten: Bestrahlung des Dokumentenstapels mit einer Strahlung einer Frequenz, bei der der Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex hat, und Prüfung, ob die Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel eine Soll-Position erreicht.

**[0031]** Nach Ausführungsformen der Erfindung wird in Abhängigkeit von der Detektion der Strahlung an der Soll-Position ein Signal generiert, um das Ergebnis der Überprüfung auszugeben. Beispielsweise wird ein erstes Signal ausgegeben, wenn die Strahlung an der Soll-Position detektiert worden ist, um dadurch zu signalisieren, dass der Dokumentenstapel tatsächlich die Soll-Anzahl von Dokumenten aufweist. Wird die Strahlung nicht an der Soll-Position detektiert, so wird ein zweites Signal ausgegeben, welches den gegenteiligen Fall signalisiert, das heißt, dass der Dokumentenstapel nicht die Soll-Anzahl von Dokumenten aufweist.

**[0032]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird eine Ist-Position der Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel detektiert. Aus der detektierten Ist-Position wird die tatsächliche Anzahl von Dokumenten des Dokumentenstapels ermittelt. Beispielsweise erfolgt dies durch Differenzbildung zwischen der Soll- und der Ist-Position. Ferner kann ein Signal generiert und ausgegeben werden, welches die Ist-Anzahl der Dokumente in dem Dokumentenstapel signalisiert.

**[0033]** In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Prüfung der Echtheit eines oder meh-

rerer Dokumente, wobei geprüft wird ob ein einzelnes Dokument oder mehrere aufeinander gestapelte Dokumente eine Eigenschaft eines Metamaterials aufweisen.

**[0034]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird ein Verfahren zur Prüfung der Echtheit der in einem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente eines vorgegebenen Dokumententyps geschaffen, mit folgenden Schritten: Bestrahlung des Dokumentenstapels mit einer Strahlung einer Frequenz bei der ein aus Dokumenten des vorgegebenen Dokumententyps gebildeter Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex hat, und Prüfung, ob die Strahlung nach Brechung an dem zu prüfenden Dokumentenstapel eine Soll-Position erreicht

**[0035]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird in Abhängigkeit von dem Ergebnis der Prüfung ein Signal generiert, um das Ergebnis der Prüfung, zum Beispiel gegenüber einen Benutzer zu signalisieren. Wenn die Strahlung an der Soll-Position detektiert wird, so wird beispielsweise ein erstes Signal generiert, welches signalisiert, dass sämtliche Dokumente des Dokumentenstapels echt sind. Im gegenteiligen Fall wird ein zweites Signal generiert, welches signalisiert, dass ein oder mehrere Dokumente des Dokumentenstapels nicht echt sind.

**[0036]** Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird eine Ist-Position der Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel detektiert. Wenn die Ist-Position von der Soll-Position abweicht, wird aus dieser Abweichung die Anzahl der unechten Dokumente in dem Dokumentenstapel ermittelt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die unechten Dokumente nicht das zumindest ein Strukturelement zur Bildung des Metamaterials aufweisen. Wenn hinreichend viele echte Dokumente in dem Dokumentenstapel vorhanden sind, so kommt es dennoch zur Ausbildung eines Metamaterials, allerdings mit einem anderen Brechungsindex. Hieraus ergibt sich die Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position. Aus dieser Abweichung kann auf die Anzahl der Dokumente in dem Dokumentenstapel geschlossen werden, welche nicht das zumindest ein Strukturelement aufweisen.

**[0037]** Ausführungsformen der Erfindung sind besonders vorteilhaft in einer Produktionsumgebung, in der Wert- oder Sicherheitsdokumente hergestellt werden. In einer solchen Produktionsumgebung werden nämlich Dokumentenstapel einer vorgegebenen Soll-Anzahl von halbfertigen Wert- oder Sicherheitsdokumenten von einer Bearbeitungsstation zur nächsten transportiert. Während des Produktionsablaufs wird dabei mehrfach überprüft, ob ein gegebener Dokumentenstapel noch die Soll-Anzahl von zu bearbeitenden Dokumenten beinhaltet. Hierdurch soll unter anderem sichergestellt werden, dass halbfertige Dokumente oder fertig gestellte Dokumente, insbesondere Dokumentenrohlinge, nicht aus dem Dokumentenstapel entnommen werden, um sie aus der Produktionsumgebung zu entwenden. Die Prüfung, ob ein Dokumentenstapel halbfertiger Wert- oder Sicherheitsdokumente oder fertig gestellter Wert- oder Sicherheitsdokumente, wie auch von Dokumentenrohlingen

von Wert- oder Sicherheitsdokumenten eine vorgegebene Soll-Anzahl hat, wird durch Ausführungsformen der Erfindung rationalisiert, da hierzu die Dokumente nicht einzeln nachgezählt werden müssen.

**[0038]** Ausführungsformen der Erfindung sind mit ferner besonders vorteilhaft für den Transport von Banknotenbündeln. Banknoten werden typischerweise in vorgegebenen Anzahlen gebündelt und in dieser Form transportiert, z.B.-je nach Banknotentyp - in Bündeln von 50, 100 oder 200 Stück. Bei der Übergabe der Banknotenbündel von einer Stelle zur nächsten, müssen diese jedes Mal nachgezählt werden. Auch für diese Anwendung sind Ausführungsformen der Erfindung besonders vorteilhaft, da sich ein aufwendiges manuelles oder maschinelles Nachzählen erübrigt.

**[0039]** Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind besonders vorteilhaft, um einen Dokumentenstapel einer bekannten Anzahl von Dokumenten dahingehend zu überprüfen, ob in dem Dokumentenstapel ein oder mehrere unechte Dokumente vorhanden sind. Nach Ausführungsformen der Erfindung kann eine solche Prüfung besonders rationell dadurch erfolgen, dass nicht jedes Dokument einzeln auf seine Echtheit überprüft werden muss, sondern der gesamte Dokumentenstapel in einem einzigen Prüfschritt auf die Echtheit der in ihm enthaltenen Dokumente geprüft werden kann.

**[0040]** Ausführungsformen der Erfindung werden im Weiteren mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments in einer Ansicht von oben, unten und einer seitlichen Ansicht,
- Figur 2 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments in einer Ansicht von oben, unten und einer seitlichen Ansicht,
- Figur 3 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments mit einem mehrschichtigen Aufbau in einer Explosionsansicht und einer seitlichen Ansicht,
- Figur 4 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments mit einem mehrschichtigen Aufbau in einer Explosionsansicht und einer seitlichen Ansicht,
- Figur 5 eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments mit einem mehrschichtigen Aufbau in einer Explosionsansicht und einer seitlichen Ansicht,
- Figur 6 eine erste Ausführungsform einer Prüfung eines Dokumentenstapels durch Beaufschlagung mit einer Strahlung,
- Figur 7 eine zweite Ausführungsform einer Prüfung

- eines Dokumentenstapels durch Beaufschlagung mit einer Strahlung,
- Figur 8 eine weitere Ausführungsform einer Prüfung eines Dokumentenstapels durch Beaufschlagung mit einer Strahlung,
- Figur 9 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Geräts,
- Figur 10 ein Blockdiagramm einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Geräts,
- Figur 11 ein Flussdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 12 ein Flussdiagramm einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0041]** Elemente der nachfolgenden Ausführungsformen die einander entsprechen, sind mit denselben Bezugszeichen gekennzeichnet.

**[0042]** Die Figur 1 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Dokuments 100. Bei dem Dokument 100 kann es sich zum Beispiel um ein ID-Dokument, wie zum Beispiel einen Personalausweis, einen Reisepass, einen Führerschein oder dergleichen handeln, oder um ein Zahlungsmittel, wie zum Beispiel eine Banknote. Das Dokument 100 kann in personalisierter oder noch nicht personalisierter Form, das heißt als Dokumentenrohling vorliegen. Bei dem Dokument 100 kann es sich auch um ein Halbfertig-Produkt handeln, welches in einer Produktionsumgebung einen Herstellungsprozess durchläuft.

**[0043]** Die Figur 1 A zeigt eine Draufsicht auf das Dokument 100. Das Dokument 100 trägt an seiner oberen Seite Strukturelemente 102, die hier als Spaltringe ausgebildet sind. Durch die Strukturelemente 102 wird je ein Resonator gebildet. Die Resonatoren führen zu einem magnetischen Dipolmoment und in einem gewissen Frequenzbereich der einfallenden Strahlung zu einer negativen effektiven Permeabilität. Schematisch sind hier und nachfolgen immer zwei Strukturelemente 102, 104 auf dem Dokument 100 dargestellt. Das Dokument 100 kann aber bevorzugt auch eine deutlich größere Anzahl von Strukturelementen 102, 104 nebeneinander enthalten. Die Strukturelemente können, müssen sich aber nicht über die ganze Fläche des Dokuments 100 erstrecken.

**[0044]** An seiner Unterseite (vgl. Fig. 1 B) hat das Dokument 100 Strukturelemente 104, welche hier antennenförmig ausgebildet sind. Durch die Strukturelemente 104 wird ein Gitter gebildet, wenn mehrere Dokumente 100 aufeinander gestapelt werden. Dieses Gitter führt zu einer negativen Permittivität und damit insgesamt zum einem negativen Brechungsindex.

**[0045]** Das Dokument 100 kann aber auch ein oder

mehrere andere Strukturelemente tragen.

**[0046]** Unter einem "Strukturelement" wird hier eine leitende oder nicht leitende Struktur, die in einem Dokument eingebracht ist, verstanden, wobei durch die in einem räumlichen Muster wiederholte Anordnung eines solchen Strukturelements oder einer Kombination dieses Strukturelements mit einem komplementären anderen Strukturelement ein Metamaterial gebildet wird.

**[0047]** Die Frequenz oder die Frequenzen, bei denen das Dokument 100 als Metamaterial wirkt, hängen unter anderem von der Form und Größe der einzelnen Strukturelemente und deren räumlichen Anordnung ab, insbesondere von dem Abstand der Strukturelemente. Eine Überprüfung, ob das Dokument 100 oder ein von mehreren Dokumenten 100 gebildeter Dokumentenstapel, wie z.B. ein Banknotenbündel, ein Metamaterial bildet, kann durch Bestrahlung des Dokuments 100 oder des Dokumentenstapels mit einer Strahlung einer geeigneten Frequenz erfolgen, die je nach den Strukturelementen und deren räumlichen Anordnungen gewählt wird. Beispielsweise kann Strahlung im Terra-Herz-Frequenzbereich, Mikrowellen-Strahlung oder Infrarot-Strahlung verwendet werden.

**[0048]** Die Figur 2 zeigt eine weitere Ausführungsform des Dokuments 100. In dieser Ausführungsform sind die Strukturelemente 102 als Doppelspaltringe ausgebildet.

**[0049]** Anstelle der in den Figuren 1 und 2 gezeigten Ausführungsformen der Strukturelemente 102 und 104 sind andere geometrische Formen möglich. Beispielsweise können die Strukturelemente 102 auch rund, oval oder in einer anderen geometrischen Form ausgebildet sein.

**[0050]** Die Strukturelemente 102, 104 können aus elektrisch leitfähigen Materialien gebildet werden, die in das Dokument eingebracht oder auf das Dokument 100 aufgebracht werden. Hierbei kann es sich zum Beispiel um ein metallisches Material oder um einen leitfähigen Kunststoff handeln. Letzteres ist besonders vorteilhaft, da die Aufbringung der Strukturelemente 102, 104 ganz oder teilweise drucktechnisch erfolgen kann.

**[0051]** Alternativ können die Strukturelemente 102, 104 auch ein Dielektrikum aufweisen oder als inverse Leitungsstrukturen ausgebildet sein.

**[0052]** Vorzugsweise trägt das Dokument 100 eine Vielzahl von Strukturelementen 102, 104, die entsprechend klein dimensioniert sind.

**[0053]** Die Figur 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des Dokuments 100. Bei dieser Ausführungsform sind die Strukturelemente 102, 104 nicht unmittelbar auf oder an der Oberseite bzw. der Unterseite des Dokuments 100 angeordnet, sondern im Inneren des Dokumentenkörpers 106, wie beispielsweise in der Querschnittsansicht der Figur 3B gezeigt. Dies hat den Vorteil, dass das Vorhandensein der Strukturelemente dem Dokument 100 mit dem bloßen Auge nicht ohne weiteres anzusehen ist.

**[0054]** Der Dokumentenkörper 106 hat bei der hier betrachteten Ausführungsform einen mehrschichtigen Auf-

bau, wobei in der Figur 3A die einzelnen Schichten in einer Explosionsdarstellung gezeigt sind. Beispielsweise werden eine oder mehrere der Schichten jeweils durch eine Folie 108 gebildet, wobei die Folien 108 aufeinander laminiert werden, um so den Dokumentenkörper 106 zu bilden.

**[0055]** In der hier betrachteten Ausführungsform sind auf einer der Folien 108.1 die Strukturelemente 102 angeordnet; bei der Folie 108.1 handelt es sich hier um die dritte Schicht des Dokumentenkörpers 100 von oben. Dagegen sind auf einer anderen Folie 108.2, die von der Folie 108.1 beabstandet ist, die Strukturelemente 104 angeordnet. Bei der Folie 108.2 handelt es sich hier um die dritte Schicht des Dokumentenkörpers 106 von unten.

**[0056]** Der Dokumentenkörper 106 hat beispielsweise eine Dicke von 800  $\mu\text{m}$ . Die Dicke der Schichten des Dokumentenkörpers 106 beträgt beispielsweise 100  $\mu\text{m}$ . Insbesondere die Dicke der obersten Schicht 108.3, das heißt das Overlays, und der untersten Schicht 108.4, das heißt das Underlays, kann hiervon abweichen und beispielsweise 50  $\mu\text{m}$  betragen. Innen liegende Folien können hiervon abweichend deutlich dicker sein, zum Beispiel kann ein 300  $\mu\text{m}$  Inlay zur Einbettung eines integrierten Schaltkreises Verwendung finden.

**[0057]** Bei der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform beträgt der Abstand zwischen den Strukturelementen 102 der Folie 108.1 und den Strukturelementen 104 der Folie 108.2 dementsprechend ca. 400  $\mu\text{m}$ . Der Abstand der Strukturelemente 102 zu der obersten Dokumentenschicht 108.3 sowie der Abstand der Strukturelemente 104 zu der untersten Dokumentenschicht 108.4 beträgt demzufolge in etwa die Hälfte dieses Abstands zwischen den Strukturelementen 102 und 104, das heißt ca. 200  $\mu\text{m}$ . Dies hat den Vorteil, dass sich bei einer Stapelung mehrerer der Dokumente 100 zu einem Dokumentenstapel gleichmäßige Abstände von in vertikaler Richtung aufeinander folgenden Strukturelementen 102 und 104 von 400  $\mu\text{m}$  ergeben, wodurch also ein räumlich sich wiederholendes Muster durch die Strukturelemente 102, 104 gebildet wird.

**[0058]** Die Strukturelemente 102 und/oder 104 können auf die Folien 108.1 bzw. 108.2 und /oder andere der Folien 108 aufgedruckt sein oder mittels Ätzen erzeugt werden.

**[0059]** Die Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform des Dokuments 100. Wie in dem Querschnitt der Figur 4B gezeigt, beinhaltet der Dokumentenkörper 106 eines einzelnen der Dokumente 100 hier bereits eine räumliche Wiederholung des durch die Strukturelemente 102, 104 gebildeten Musters in vertikaler Richtung.

**[0060]** Wie aus der Explosionsdarstellung der Figur 4A des Dokuments 100 ersichtlich, wird eine solche räumliche Wiederholung des Musters dadurch realisiert, dass der Dokumentenkörper 106 zwei Folien 108.1 mit den Strukturelementen 102 und zwei Folien 108.2 mit den Strukturelementen 104 aufweist. Wenn der Dokumentenkörper 106 dieselbe Bauhöhe wie der Dokumenten-

körper 106 in der Ausführungsform der Figur 3 hat, halbiert sich dementsprechend der vertikale Abstand zwischen zwei Schichten des Dokuments, die die Strukturelemente 102 bzw. 104 aufweisen. Dieser Abstand beträgt dann bei der Ausführungsform der Figur 4 200  $\mu\text{m}$  anstelle von 400  $\mu\text{m}$ , wie es bei der Ausführungsform der Figur 3 der Fall ist.

**[0061]** Die Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform des Dokuments 100, bei der das durch die Strukturelemente 102, 104 gebildete räumliche Muster vierfach in vertikaler Richtung in dem Dokumentenkörper 106 eines einzelnen der Dokumente 100 beinhaltet ist. Dementsprechend wird der vertikale Abstand zwischen den Strukturelementen 102 und 104 nochmals halbiert, und zwar auf 100  $\mu\text{m}$ , wenn der Dokumentenkörper 106 bei der Ausführungsform der Figur 5 wiederum im wesentlichen dieselbe Bauhöhe, wie in den Ausführungsformen der Figuren 3 und 4 hat.

**[0062]** Von besonderem Vorteil bei den Ausführungsformen der Figuren 3 und 4 ist, dass sich die Strukturelemente 102 und 104 relativ tief im Inneren des Dokumentenkörpers 106 befinden, so dass sie nicht oder kaum von außen durch einen Benutzer wahrnehmbar sind. Dies erschwert weiter die Nachstellung eines solchen Dokuments 100.

**[0063]** Bei der Ausführungsform der Figur 5 befinden sich dagegen die obersten Strukturelemente 102 unmittelbar unterhalb des Overlays und die untersten Strukturelemente 104 befinden sich unmittelbar unterhalb des Underlays (vgl. die Schichten 108.3 bzw. 108.4). Um trotzdem das Vorhandensein der Strukturelemente 102 bzw. 104 zu verstecken, werden das Overlay und/oder das Underlay vorzugsweise aus einem nicht oder kaum transparentem Material gebildet.

**[0064]** Bei einer anderen Ausführungsform sind die sichtbaren Strukturelemente 102, 104 der Figur 5 aus transparenten leitfähigen Strukturen aufgebaut, zum Beispiel strukturiertem ITO auf den Folien.

**[0065]** Bei der hier betrachteten Bauhöhe des Dokumentenkörpers 106 von ca. 800  $\mu\text{m}$  haben die Strukturelemente 102, 104 vorzugsweise eine Größenordnung ebenfalls im  $\mu\text{m}$ -Bereich. Beispielsweise haben die Strukturelemente 102 und/oder 104 eine Größe zwischen 10  $\mu\text{m}$  und 8 mm.

**[0066]** Das Dokument 100 bzw. ein aus den Dokumenten 100 gebildeter Dokumentenstapel wirkt dann in einen Frequenzbereich im Fern-Infrarot, Terra-Hz-Bereich oder Mikrowellen-Bereich des Spektrums als Metamaterial. Ein Vorteil dieses spektralen Bereichs ist, dass das von dem Metamaterial gebildete Sicherheitsmerkmal nicht ohne weiteres wahrnehmbar oder feststellbar ist, da keine anderen der üblichen Sicherheitsmerkmale in diesem spektralen Bereich liegen.

**[0067]** Bei den Ausführungsformen der Fig. 4 und 5 ist der Abstand mit dem sich das räumliche Muster wiederholt, jeweils um einen Faktor 2 reduziert. Dementsprechend ändert sich auch die Frequenz, bei der das Dokument 100 oder ein aus Dokumenten 100 gebildeter Sta-

pel als Metamaterial wirkt, um denselben Faktor.

**[0068]** Die Figur 6 zeigt schematisch die Prüfung eines einzelnen Dokuments 100 oder eines Dokumentenstapels 110 von gleich aufgebauten Dokumenten 100 zum Beispiel der Ausführungsformen der Figuren 2, 3 oder 4. Zur Verifikation der Anzahl der Dokumente 100 in dem Dokumentenstapel 110 und/oder zur Prüfung der Echtheit der Dokumente 100 in dem Dokumentenstapel 110 wird der Dokumentenstapel 110 mit einem Probestrahl 112 in vertikale Richtung beaufschlagt. Der Probestrahl 112 tritt durch den Dokumentenstapel 110 hindurch. Die Intensität des durch den Dokumentenstapel 110 transmittierten Probestrahls 112 wird gemessen und ausgewertet. Aus der frequenzabhängigen Abschwächung des Probestrahls 112 kann darauf geschlossen werden, dass ein einzelnes der Dokumente 100 oder der Dokumentenstapel 110 ein Metamaterial bildet. Dieses Merkmal des Dokumentenstapels 110 dient also zur Verifikation.

**[0069]** Die Figur 7 zeigt eine alternative Vorgehensweise zur Verifikation eines einzelnen der Dokumente 100 oder eines Dokumentenstapels 110. Bei dieser Ausführungsform wird der Probestrahl 112 an dem Dokumentenstapel 110 reflektiert. Aufgrund der Art und Weise der Reflektion des Probestrahls 112 an dem Dokumentenstapel 110 kann überprüft werden, ob durch den Dokumentenstapel 110 tatsächlich das Metamaterial gebildet wird. Hierzu kann das Verhältnis des Einfallswinkels und des Ausfallswinkels des Probestrahls 112 und/oder der Intensitäten des einfallenden und des reflektierten Probestrahls 112 ermittelt werden. Für die entsprechende Sensorik können orts aufgelöste Detektoren eingesetzt werden.

**[0070]** Die Figur 8 zeigt schematisch einen bevorzugten Aufbau zur Verifikation der Metamaterialeigenschaften eines einzelnen der Dokumente 100 bzw. des Dokumentenstapels 110. Hierzu wird geprüft, ob beispielsweise der Dokumentenstapel 110 einen negativen Brechungsindex aufweist. Den entsprechenden Strahlengang des Probestrahls 112 beim Hindurchtreten durch den Dokumentenstapel 110 zeigt die Figur 8.

**[0071]** Besonders vorteilhaft ist, dass der Strahlenverlauf in dem Dokumentenstapel 110 nicht entsprechend normalen Materialien mit einer Winkelabweichung im gleichen Quadranten verläuft. Der in der Figur 8 gezeigte Strahlengang kann nur durch ein Metamaterial realisiert werden, und mit keinem anderen Material nachgestellt werden.

**[0072]** Hierdurch ist es möglich, zum einen die Anzahl der Dokumente in dem Dokumentenstapel 110 als auch die Verifikation der Dokumente 100 in dem Dokumentenstapel 110 zu prüfen. Handelt es sich bei einem oder mehreren der Dokumente in dem Dokumentenstapel 110 um eine Fälschung, die nicht die Strukturelemente zur Bildung eines Metamaterials aufweist, wie das bei den echten Dokumenten 100 der Fall ist, so treten die anormalen Brechungseigenschaften eines Metamaterials nicht oder nur in abgeschwächter Form auf.

**[0073]** Beispielsweise bildet sich bei dem Vorhanden-

sein von gefälschten Dokumenten ein effektiver Brechungsindex aus dem Material der gefälschten Dokumente und dem des Metamaterials der echten Dokumente 100 aus, so dass aus der Abweichung der Position des Probestrahls 112 und/oder dem frequenzabhängigen Verhalten des Dokumentenstapels 110 die Anzahl der gefälschten Dokumente festgestellt werden kann.

**[0074]** Die Figur 9 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Geräts 114. Das Gerät 114 hat ein Basisteil 116 und ein Rückenteil 118. Durch das Basisteil 116 und das Rückenteil 118 wird ein Aufnahmebereich für einen Dokumentenstapel 110 gebildet. Beispielsweise wird durch das Basisteil 116 und das Rückenteil 118 eine bestimmte Position für den Dokumentenstapel 110 in dem Gerät 114 definiert.

**[0075]** An dem Rückenteil 118 ist eine Strahlungsquelle 120 befestigt. Die Strahlungsquelle 120 dient zur Bestrahlung des Dokumentenstapels 110 mit einem Probestrahl 112.

**[0076]** An dem Basisteil 116 ist ein Sensor 122 zur Detektion des an dem Dokumentenstapel 110 gebrochenen Probestrahls 112 angeordnet. Der Sensor 122 befindet sich an einer Soll-Position, an der der gebrochene Probestrahl 112 aus dem Dokumentenstapel 110 austritt, unter der Voraussetzung, dass der Dokumentenstapel 110 eine vorgegebene Soll-Anzahl von validen Dokumenten 100 eines vorgegebenen Dokumententyps aufweist.

**[0077]** Das Gerät 114 hat ein Steuerungsgerät 124, welches mit der Strahlungsquelle 120 und mit dem Sensor 122 verbunden ist. Beispielsweise steuert das Steuerungsgerät 124 die Strahlungsquelle 120 zur Abstrahlung des Probestrahls 112 an. Je nach Ausführungsform kann dabei das Steuerungsgerät 124 die Frequenz des Probestrahls 112 vorgeben. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn das Gerät 114 zur Prüfung von Dokumentenstapeln 110 eingesetzt werden soll, die Dokumente 100 unterschiedlicher Dokumententypen beinhalten, bei denen sich die Metamaterialeigenschaften bei verschiedenen Frequenzen ausbilden.

**[0078]** Das Steuerungsgerät 124 ist ferner zum Empfang eines Signals von dem Sensor 122 ausgebildet. Wenn das Steuerungsgerät 124 nach Einschalten der Strahlungsquelle 120 ein Signal von dem Sensor 122 empfängt, welches dem Steuerungsgerät 124 signalisiert, dass der Probestrahl 112 an seiner Soll-Position detektiert worden ist, so generiert das Steuerungsgerät 124 ein entsprechendes Verifikationssignal, welches über eine Ausgabe 126 ausgegeben wird.

**[0079]** Im gegenteiligen Fall generiert das Steuerungsgerät 124 ein Fehlersignal, um zu signalisieren, dass keine Verifikation des Dokumentenstapels 110 erfolgen konnte, das heißt, der Dokumentenstapel 110 hat nicht die Soll-Anzahl der Dokumente 100 und/oder es befinden sich nicht-valide Dokumente in dem Dokumentenstapel 110.

**[0080]** Bei der Ausgabe 126 kann es sich um eine Schnittstelle für die elektronische Kommunikation zum



Beispiel über ein Netzwerk oder mit einem Computer handeln. Die Ausgabe 126 kann auch als Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgebildet sein, so dass das Verifikationssignal und/oder das Fehlersignal zum Beispiel als akustische oder optische Signale für einen Benutzer ausgegeben werden.

**[0081]** Zur Überprüfung des Dokumentenstapels 110 von Dokumenten 100 eines vorgegebenen Dokumententyps und einer vorgegebenen Soll-Anzahl wird der Dokumentenstapel 110 in seine durch das Basisteil 116 und das Rückenteil 118 des Geräts 114 definierte Position in den Aufnahmebereich gebracht. Das Steuerungsgerät 124 schaltet dann die Strahlungsquelle 120 ein, so dass der Dokumentenstapel 110 mit dem Probestrahl 112 beaufschlagt wird. Wenn der Dokumentenstapel 110 die Soll-Anzahl von Dokumenten 100 aufweist und sich keine gefälschten Dokumente in dem Dokumentenstapel befinden, so wird der Probestrahl 112 mit dem Brechungsindex des durch den Dokumentenstapel 110 gebildeten Metamaterials gebrochen, so dass er an seiner Soll-Position aus dem Dokumentenstapel 110 austritt, an welcher sich der Sensor 122 befindet, so dass dieser ein entsprechendes Detektionssignal an das Steuerungsgerät 124 abgibt.

**[0082]** Das Steuerungsgerät 124 generiert daraufhin ein Verifikationssignal, welches über die Ausgabe 126 ausgegeben wird, um zu signalisieren, dass der Dokumentenstapel 110 in Ordnung ist. Im gegenteiligen Fall, das heißt wenn das Steuerungsgerät 124 nicht das Detektionssignal von dem Sensor 122 empfängt, wird von dem Steuerungsgerät 124 das Fehlersignal generiert und über die Ausgabe 126 ausgegeben, um dadurch anzuzeigen, dass der Dokumentenstapel 110 nicht in Ordnung ist, das heißt, entweder nicht die richtige Anzahl von Dokumenten 100 aufweist oder gefälschte Dokumente beinhaltet.

**[0083]** Die Figur 10 zeigt eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Geräts 114. Bei dieser Ausführungsform sind in dem Basisteil 116 mehrere Sensoren an verschiedenen alternativen Soll-Positionen angeordnet. Beispielsweise ist ein Sensor 122.1 an einer Soll-Position A, ein Sensor 122.2 an einer Soll-Position B und ein Sensor 122.3 an einer Soll-Position C angeordnet. Statt mehrerer Sensoren kann auch ein Sensor-Array in dem Basisteil 160 angeordnet sein, welches zur Detektion an den verschiedenen Soll-Positionen und von den Soll-Positionen abweichenden Ist-Positionen ausgebildet ist.

**[0084]** Das Steuerungsgerät 124 hat bei der hier betrachteten Ausführungsform einen Speicher 127. Ferner hat das Steuerungsgerät 124 einen Prozessor 128 zur Ausführung von Programminstruktionen 131. Ferner weist das Steuerungsgerät 124 eine Eingabevorrichtung 130 auf, wie zum Beispiel eine Tastatur oder einen Touch Screen. Das Steuerungsgerät 124 kann zum Beispiel durch einen Personal Computer realisiert werden.

**[0085]** Über die Eingabe 130 kann ein Benutzer die Soll-Anzahl von Dokumenten 100 des zu verifizierenden

Dokumentenstapels 110 eingeben sowie einen Dokumententyp aus einer vorgegebenen Menge von Dokumententypen auswählen, wobei der Dokumentenstapel 110 Dokumente dieses Dokumententyps aufweisen soll.

**[0086]** Die von dem Benutzer über die Eingabevorrichtung 130 eingegebene Soll-Anzahl sowie der ausgewählte Dokumententyp werden in den Speicherbereichen 132 bzw. 134 des Speichers 127 gespeichert.

**[0087]** Die Soll-Anzahl und der Dokumententyp kann auch über so genannte User Settings voreingestellt sein.

**[0088]** In dem Speicher 127 ist ferner für jeden Dokumententyp eine Tabelle gespeichert. Die Figur 10 zeigt eine solche Tabelle 136 exemplarisch für den Dokumententyp I.

In der Tabelle 136 ist in Abhängigkeit von der Soll-Anzahl von Dokumenten des Dokumententyps I in dem zu verifizierenden Dokumentenstapel 110 die dazugehörige Soll-Position angegeben. Beispielsweise muss bei einer Anzahl von zehn Dokumenten des Dokumententyps I der Probestrahl 112 an der Soll-Position A aus dem Dokumentenstapel 110 austreten und dementsprechend von dem Sensor 122.1 detektiert werden. Eine Soll-Anzahl von zwanzig Dokumenten des Dokumententyps I entspricht dagegen der Soll-Position B, das heißt einem Detektionssignal des Sensors 122.2 etc.

**[0089]** In dem Speicher 127 ist ferner eine Tabelle 138 gespeichert. Die Tabelle 138 dient zur Zuordnung von Frequenzen des Probestrahls 112 zu den Dokumententypen. Wenn beispielsweise ein Dokumentenstapel 110 mit Dokumenten 100 des Dokumententyps I zu verifizieren ist, so ist für den Probestrahl 112 eine Frequenz F1 zu wählen. Analog ist zur Verifikation eines Dokumentenstapels 110 aus Dokumenten des Dokumententyps II eine Frequenz des Probestrahls von F2 erforderlich, etc.

**[0090]** Zur Verifikation des Dokumentenstapels 110 wird bei der Ausführungsform der Figur 10 wie folgt vorgegangen:

**[0091]** Der Dokumentenstapel 110 wird in seiner durch das Basisteil 116 und das Rückenteil 118 definierte Position in das Gerät 114 eingebracht. Ein Nutzer gibt dann die Soll-Anzahl der Dokumente und den Dokumententyp über die Eingabevorrichtung 130 in das Steuerungsgerät 124 ein.

**[0092]** Durch Ausführung der Programminstruktionen 131 wird dann auf die dem ausgewählten Dokumententyp zugeordnete Tabelle zugegriffen, um aus dieser Tabelle die Soll-Position zu ermitteln. Wenn beispielsweise der Benutzer eine Soll-Anzahl von zwanzig eingegeben hat und den Dokumententyp I ausgewählt hat, so wird auf die Tabelle 136 zugegriffen, die diesem Dokumententyp I zugeordnet ist. Aus der Tabelle 136 wird die der Anzahl "20" zugeordnete Soll-Position, das heißt die Position B ausgelesen.

**[0093]** Ferner wird durch Ausführung der Programminstruktionen 131 auf die Tabelle 138 zugegriffen, um von dort die dem gewählten Dokumententyp zugeordnete Frequenz auszulesen. In dem hier betrachteten Beispielsfall, in dem der Dokumententyp I ausgewählt wor-

den ist, ist dies also die Frequenz F1.

**[0094]** Das Steuerungsgerät 124 steuert daraufhin die Strahlungsquelle 120 zur Abgabe des Probestrahls 112 mit der Frequenz F1 an. Der Probestrahl 112 wird von dem Dokumentenstapel 110 gebrochen. Wenn der Dokumentenstapel 110 die Soll-Anzahl von Dokumenten 100 des richtigen Dokumententyps I aufweist und außerdem sämtliche der Dokumente 100 des Dokumentenstapels 110 echt sind, so wird durch den Dokumentenstapel 110 ein Metamaterial mit einem validen Brechungsindex gebildet, so dass der Probestrahl 112 an seiner Soll-Position B aus dem Dokumentenstapel 110 austritt.

**[0095]** Dies hat zur Folge, dass der Sensor 122.2 sein Detektionssignal abgibt, welches von dem Steuerungsgerät 124 empfangen wird und mit Hilfe der Programminstruktionen 131 ausgewertet wird. Aufgrund des Empfangs des Detektionssignals von dem Sensor 122.2, das heißt von der Soll-Position, die zuvor aus der Tabelle 136 ermittelt worden ist, ist eine Verifikation des Dokumentenstapels 110 gegeben, so dass das Programm 131 ein entsprechendes Verifikationssignal generiert und über die Ausgabe 126 ausgibt. Wenn dagegen kein Detektionssignal oder ein Detektionssignal von einem anderen der Sensoren 122.1 oder 122.3 empfangen worden ist, wird durch Ausführung der Programminstruktionen 131 dagegen ein Fehlersignal generiert, welches über die Ausgabe 126 ausgegeben wird.

**[0096]** Nach einer weiteren Ausführungsform ist es nicht erforderlich, dass der Nutzer über die Eingabevorrichtung 130 die Soll-Anzahl in das Steuerungsgerät 124 eingibt. Die Bestimmung der Soll-Anzahl kann vielmehr automatisch erfolgen, indem beispielsweise durch eine in der Figur 10 nicht gezeigte Sensorik des Gerät 114 die Ist-Höhe des Dokumentenstapels 110 gemessen und einer vorgegebenen Soll-Anzahl zugeordnet wird. Alternativ wird automatisch der Aufdruck einer Banderole, die den Dokumentenstapel 110 zusammenhält, gelesen; die Banderole beinhaltet einen Aufdruck der Soll-Anzahl der Dokumente 100, die sich in dem Dokumentenstapel 110 befinden sollen. In gleicher Art und Weise kann auch zur automatischen Bestimmung des Dokumententyps vorgegangen werden, so dass auch dieser vom Nutzer nicht manuell gewählt werden muss.

**[0097]** Nach einer weiteren Ausführungsform sind die Programminstruktionen 131 so ausgebildet, dass aus der Abweichung einer detektierten Ist-Position von der Soll-Position die Ist-Anzahl der Dokumente 100 in dem Dokumentenstapel 110 ermittelt wird. Wenn man nämlich davon ausgeht, dass sämtliche Dokumente 100 des Dokumentenstapels 110 echt sind, so lässt sich aus der Geometrie des Strahlengangs die tatsächliche Ist-Anzahl von Dokumenten in dem

**[0098]** Dokumentenstapel 110 ableiten, da sich ja der valide Brechungsindex einstellt. Bei dieser Ausführungsform wird anstelle eines Fehlersignals bei einer Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position die Ist-Anzahl der Dokumente über die Ausgabe 126 ausgegeben.

**[0099]** Nach einer weiteren Ausführungsform sind die

Programminstruktionen 131 so ausgebildet, dass bei einer Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position die Anzahl der unechten Dokumente in dem Dokumentenstapel 110 ermittelt wird. Wenn man nämlich davon ausgeht, dass der Dokumentenstapel 110 tatsächlich die Soll-Anzahl von Dokumenten 100 aufweist, so stellt sich bei Vorhandensein von unechten Dokumenten in dem Dokumentenstapel 110 ein von dem validen Brechungsindex abweichender Brechungsindex ein, wobei der Grad der Abweichung von der Anzahl der unechten Dokumente in dem Dokumentenstapel 110 abhängt.

**[0100]** Dementsprechend ist die detektierte Ist-Position des Austretens des Probestrahls 112 aus dem Dokumentenstapel 110 hinsichtlich der Anzahl der unechten Dokumente in dem Dokumentenstapel 110 aussagekräftig. Bei dieser Ausführungsform generieren die Programminstruktionen 131 ein Ausgabesignal zur Signalisierung der Anzahl der unechten Dokumente in dem Dokumentenstapel 110, welches über die Ausgabe 126 von dem Steuerungsgerät 124 ausgegeben wird.

**[0101]** Bevorzugt ist die Ausbildung des Sensor 122 als Zeilensensor, welcher in der Lage ist, die Ist-Position derart zu bestimmen, dass die Anzahl der Dokumente auch bei einer großen Anzahl von Dokumenten genau bestimmt werden kann. Zum Beispiel kann der Sensor zwischen 499, 500 und 501 Dokumenten unterscheiden, wobei die Ist-Positionen dieser unterschiedlich hohen Dokumentenstapel sich um wenigstens einen Pixel des Zeilensensors unterscheiden.

**[0102]** Die Figur 11 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Prüfung, ob ein Dokumentenstapel eine vorgegebene Soll-Anzahl von erfindungsgemäßen Dokumenten eines bestimmten Dokumententyps aufweist. In dem Schritt 200 wird die Soll-Anzahl und/oder der Dokumententyp von einem Benutzer oder maschinell spezifiziert. Der Schritt 200 kann entfallen, wenn die Soll-Anzahl und der Dokumententyp von vornherein festgelegt sind.

**[0103]** In dem Schritt 202 wird aus der Soll-Anzahl und/oder dem Dokumententyp eine Soll-Position ermittelt, an welcher der Prüfstrahl aus dem Dokumentenstapel 110 austritt, nachdem er gebrochen worden ist. Auch die Bestimmung der Soll-Position in dem Schritt 202 kann entfallen, wenn diese durch Festlegung der Soll-Anzahl und des Dokumententyps von vornherein vorbestimmt ist.

**[0104]** In dem Schritt 204 wird ein Prüfstrahl auf den Dokumentenstapel 110 gerichtet. In dem Schritt 206 wird geprüft, ob die Ist-Position an der der Prüfstrahl aus dem Dokumentenstapel 110 austritt gleich der Soll-Position ist. Wenn dies der Fall ist, wird daraus in dem Schritt 208 geschlussfolgert, dass die Ist-Anzahl der Dokumente in dem Dokumentenstapel gleich der Soll-Anzahl ist und ein entsprechendes Ausgabesignal wird generiert. Im gegenteiligen Fall wird in dem Schritt 210 ein Ausgabesignal generiert, um zu signalisieren, dass die Ist-Anzahl ungleich der Soll-Anzahl ist.

**[0105]** Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist besonders vorteilhaft, wenn Sicher-

heit hinsichtlich der Echtheit der Dokumente des Dokumentenstapels besteht. In diesem Fall kann nämlich aus der Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position zusätzlich auch die Ist-Anzahl der Dokumente bestimmt werden.

**[0106]** Die Figur 12 zeigt eine alternative Ausführungsform, wobei die initialen Schritte 200 bis 206 identisch zu der Ausführungsform der Figur 11 sein können. Im Unterschied zu der Ausführungsform der Figur 11 wird bei der Ausführungsform der Figur 12 in dem auf den Schritt 206 folgendem Schritt 308 aus der Übereinstimmung der Ist-Position mit der Soll-Position geschlussfolgert, dass sämtliche Dokumente des Dokumentenstapels echt sind. Dagegen wird in dem Schritt 310, der auf den Schritt 206 folgt, wenn die Ist-Position nicht mit der Soll-Position übereinstimmt, geschlussfolgert, dass sich zumindest ein nicht-valides Dokument in dem Dokumentenstapel befindet.

**[0107]** Die Ausführungsform der Figur 12 ist besonders vorteilhaft für die Anwendungen, in denen Sicherheit hinsichtlich der Ist-Anzahl der Dokumente in dem Dokumentenstapel besteht. In diesem Fall ist also die in dem Schritt 200 in der Ausführungsform der Figur 12 eingegebene Ist-Anzahl per Definitionen gleich der Soll-Anzahl. Dies ermöglicht es aus der Abweichung der Ist-Position von der Soll-Position die Anzahl der gefälschten Dokumente in dem Dokumentenstapel zu ermitteln.

**[0108]** In einer weiteren Ausführungsform ermittelt das Gerät die Ist-Position mittels eines orts aufgelösten Sensors 122 oder eines beweglichen Sensors 122. Hieraus bestimmt ein Steuerungsgerät 124 die Anzahl der Dokumente des Stapels 110 und gibt diese über eine Ausgabe 126 aus. Eine derartige Ausführungsform ist zum Beispiel in Kassiersystemen bevorzugt, wo Banknotenbündel nicht standardisierter Dicke eingenommen und korrekt erfasst werden müssen.

## Bezugszeichenliste

### [0109]

100	Dokument
102	Strukturelement
104	Strukturelement
106	Dokumentenkörper
108	Folie
110	Dokumentenstapel
112	Probestrahl
114	Gerät
116	Basisteil
118	Rückenteil
120	Strahlungsquelle
122	Sensor
124	Steuerungsgerät
126	Ausgabe
127	Speicher
128	Prozessor
130	Eingabevorrichtung

131	Programminstruktionen
132	Speicherbereich
134	Speicherbereich
136	Tabelle
5 138	Tabelle

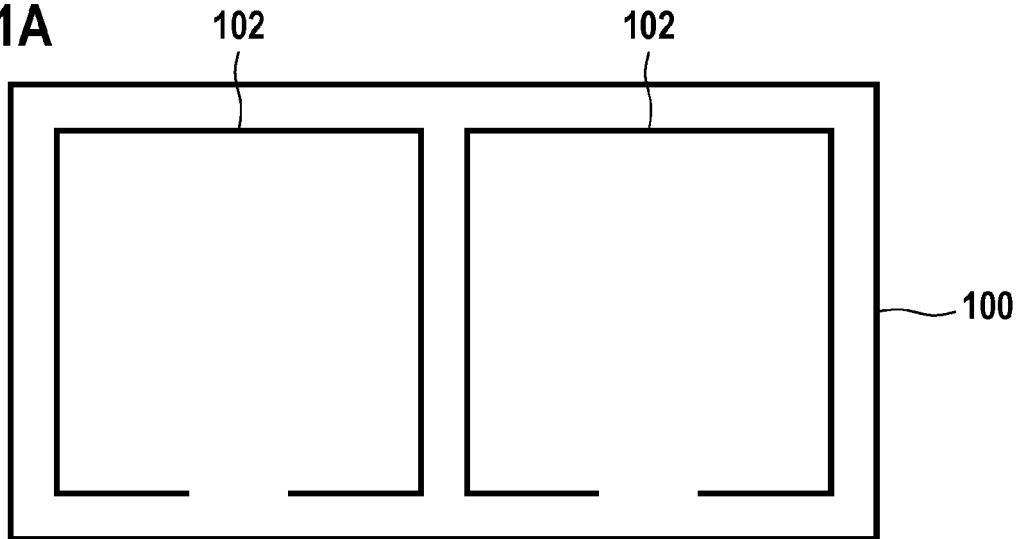
## Patentansprüche

- 10 1. Wert- oder Sicherheitsdokument mit zumindest einem Strukturelement (102, 104) zur Bildung eines Metamaterials.
2. Dokument nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Strukturelement um eine Leitungsstruktur handelt.
- 15 3. Dokument nach Anspruch 2, wobei die Leitungsstruktur zur Bildung eines Gitters oder eines Resonators ausgebildet ist.
- 20 4. Dokument nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei das Strukturelement metallisch ist.
- 25 5. Dokument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Strukturelement einen leitfähigen Kunststoff beinhaltet.
- 30 6. Dokument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei es sich bei dem Strukturelement um einen Spaltring oder einen Doppeltspaltring handelt.
- 35 7. Dokument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit zumindest einem ersten der Strukturelemente (102) und einem zweiten der Strukturelemente (104), wobei die ersten und zweiten Strukturelemente zueinander komplementär sind, um das Metamaterial zu bilden.
- 40 8. Dokument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mehrere der Strukturelemente in dem Dokument in einem sich räumlich wiederholendem Muster angeordnet sind.
- 45 9. Dokument nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Dokument einen Schichtaufbau mit zumindest ersten und zweiten Schichten aufweist, wobei die erste Schicht ein erstes der Strukturelemente aufweist, und wobei die zweite Schicht ein zweites der Strukturelemente aufweist.
- 50 10. Dokument nach Anspruch 9, mit zumindest einer dritten Schicht, die zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht angeordnet ist, um die erste und die zweite Schicht voneinander zu beabstanden.
- 55 11. Dokumentenstapel aus Dokumenten nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dokumentenstapel ein Metamaterial bildet.

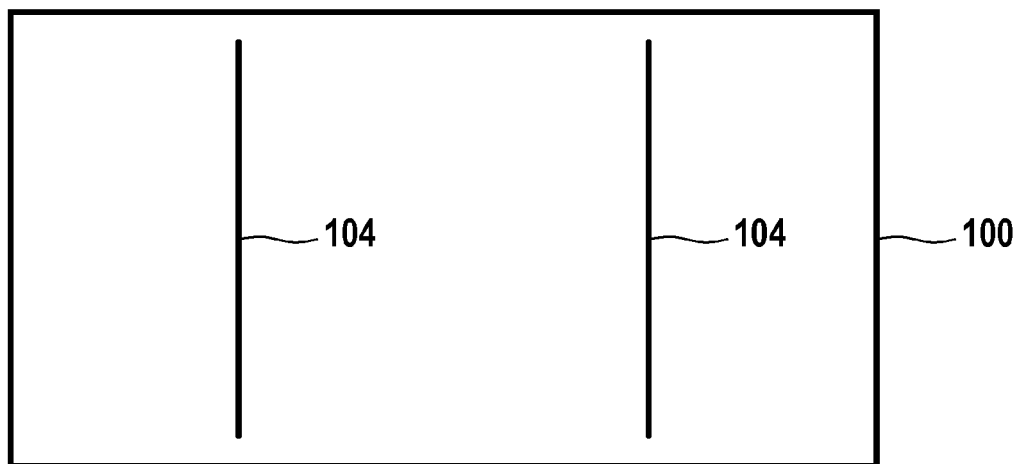
12. Gerät zur Prüfung der Anzahl der in einem Dokumentenstapel (110) gestapelten Dokumente (100) und/oder zur Prüfung der Echtheit der in einem Dokumentenstapel (110) gestapelten Dokumente (100), wobei es sich bei den Dokumenten um Wert- oder Sicherheitsdokumente nach einem der vorhergehenden Ansprüche handelt, mit: 5
- Mitteln (120) zur Bestrahlung des Dokumentenstapels mit einer Strahlung einer Frequenz, bei der der Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex aufweist, 10
  - Mitteln (122) zur Detektion einer Soll-Position des Strahlengangs der Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel, 15
  - Mitteln (124, 126) zur Ausgabe eines Signals in Abhängigkeit davon, ob die Strahlung an der Soll-Position detektiert wird.
13. Gerät nach Anspruch 12, mit Eingabemitteln (130) zur Eingabe der Anzahl der in dem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente und des Dokumententyps der in dem Dokumentenstapel gestapelten Dokumente, wobei es sich bei dem Dokumententyp um eine Auswahl einer vorgegebenen Menge von Dokumententypen handelt, und Mitteln (131) zur Ermittlung der Soll-Position und/oder der Frequenz der Strahlung aus der Anzahl und dem Dokumententyp. 20 25
14. Verfahren zur Prüfung, ob ein Dokumentenstapel (110) von Dokumenten (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10 eine vorgegebene Soll-Anzahl der Dokumente aufweist, mit folgenden Schritten: 30
- Bestrahlung des Dokumentenstapels mit einer Strahlung (112) einer Frequenz, bei der der Dokumentenstapel einen negativen Brechungsindex hat, 35
  - Prüfung, ob die Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel eine Soll-Position erreicht. 40
15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Prüfung, ob die Strahlung nach Brechung durch den Dokumentenstapel eine Soll-Position erreicht, **dadurch** erfolgt, dass eine Ist-Position detektiert wird, die die Strahlung nach der Brechung erreicht, und wobei bei einer Abweichung zwischen der Ist-Position und der Soll-Position die Ist-Anzahl der Dokumente mit Hilfe der Ist-Position bestimmt wird. 45 50

55

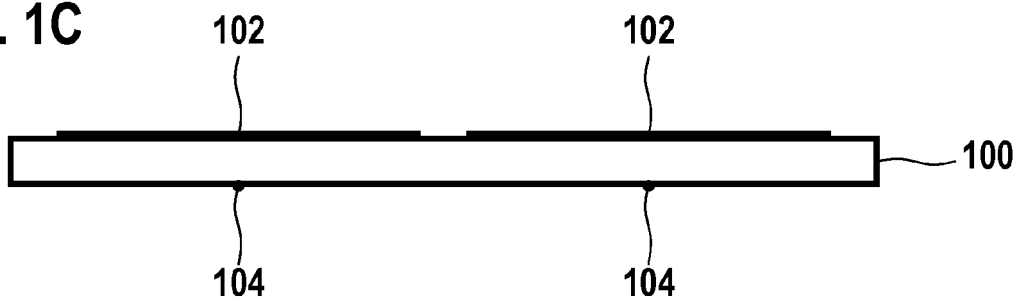
**Fig. 1A**



**Fig. 1B**

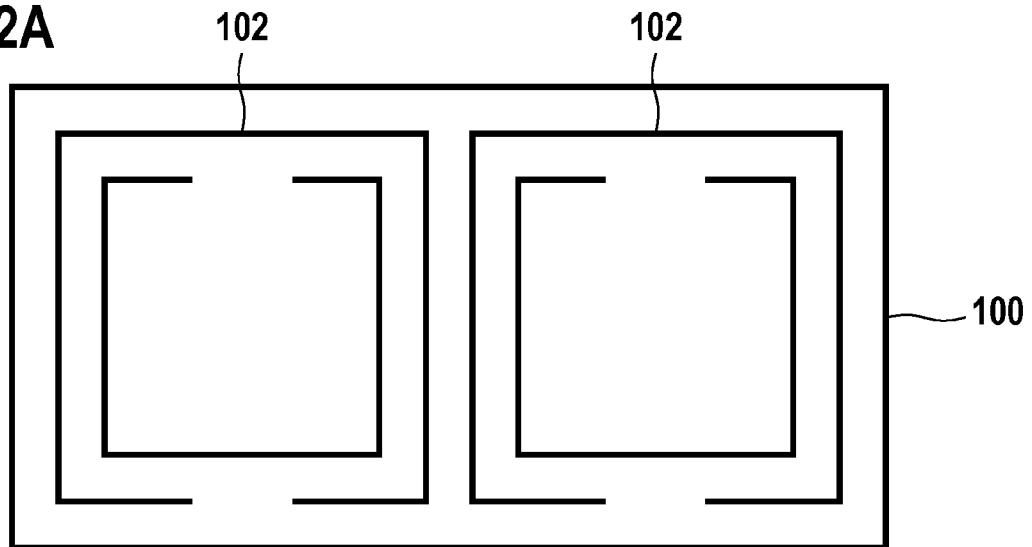


**Fig. 1C**

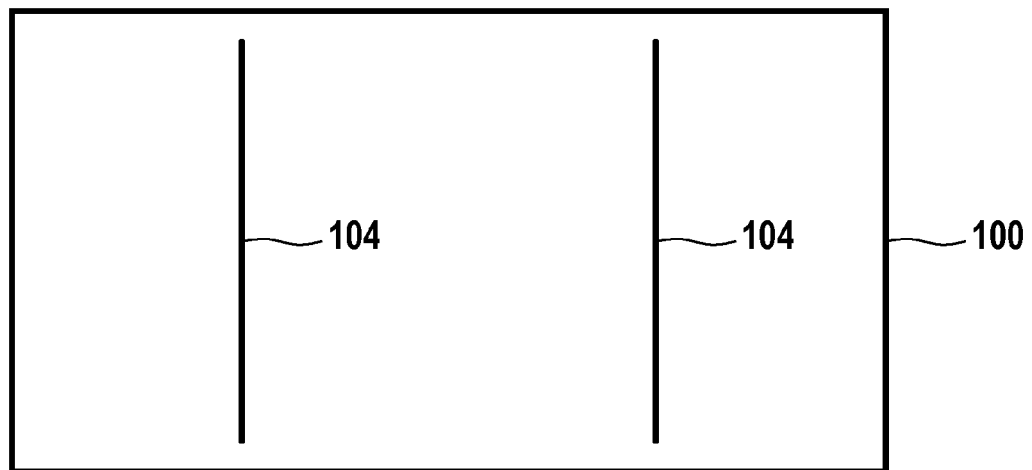


**Fig. 1**

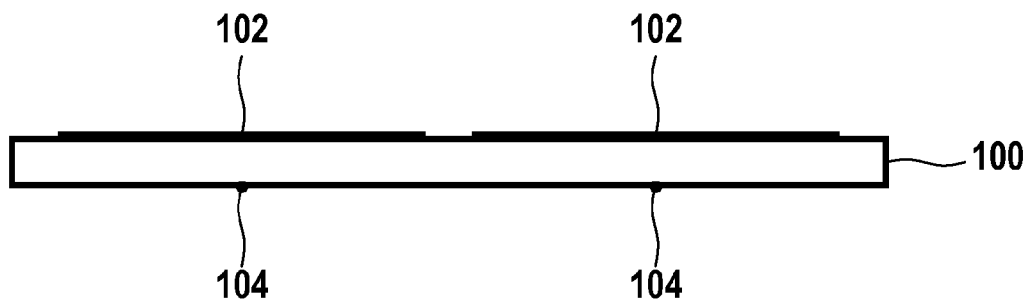
**Fig. 2A**



**Fig. 2B**



**Fig. 2C**



**Fig. 2**

Fig. 3A

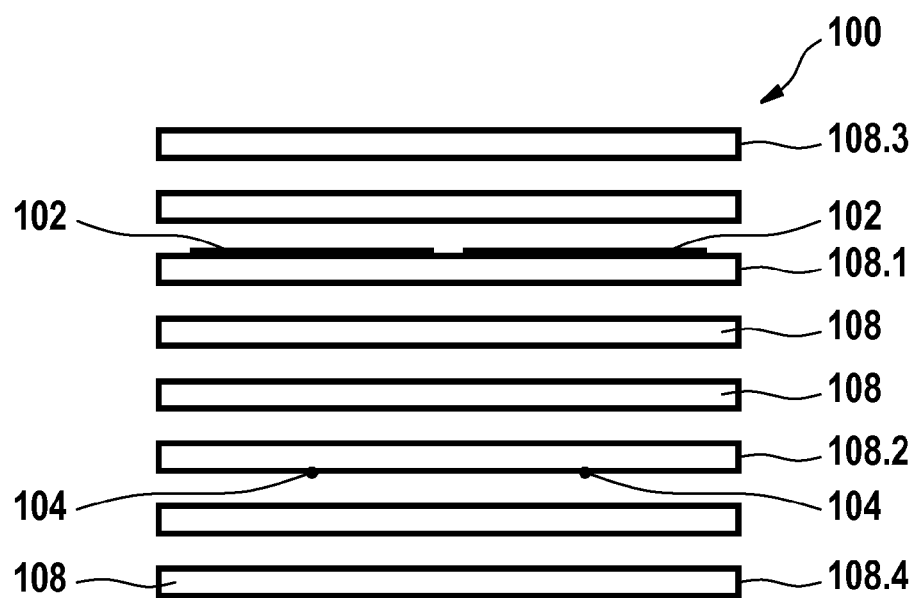


Fig. 3B

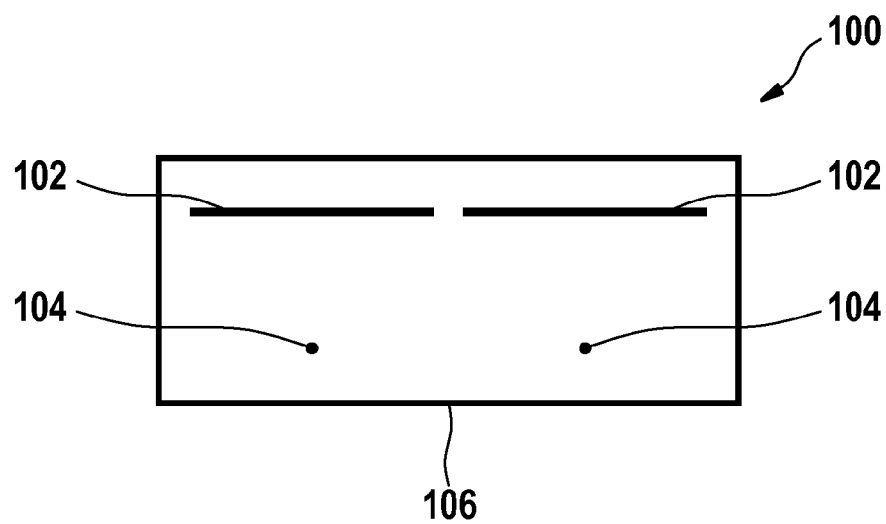
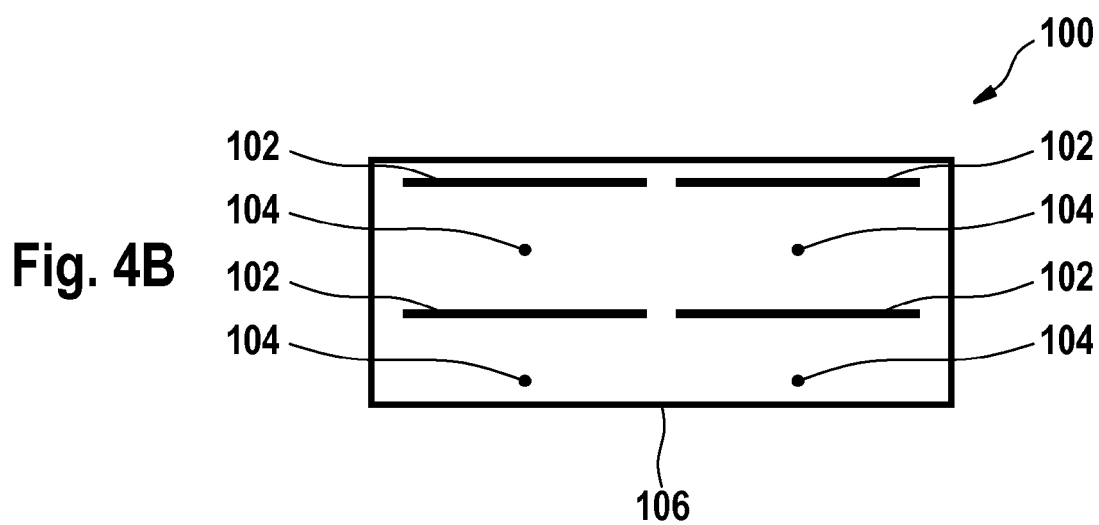
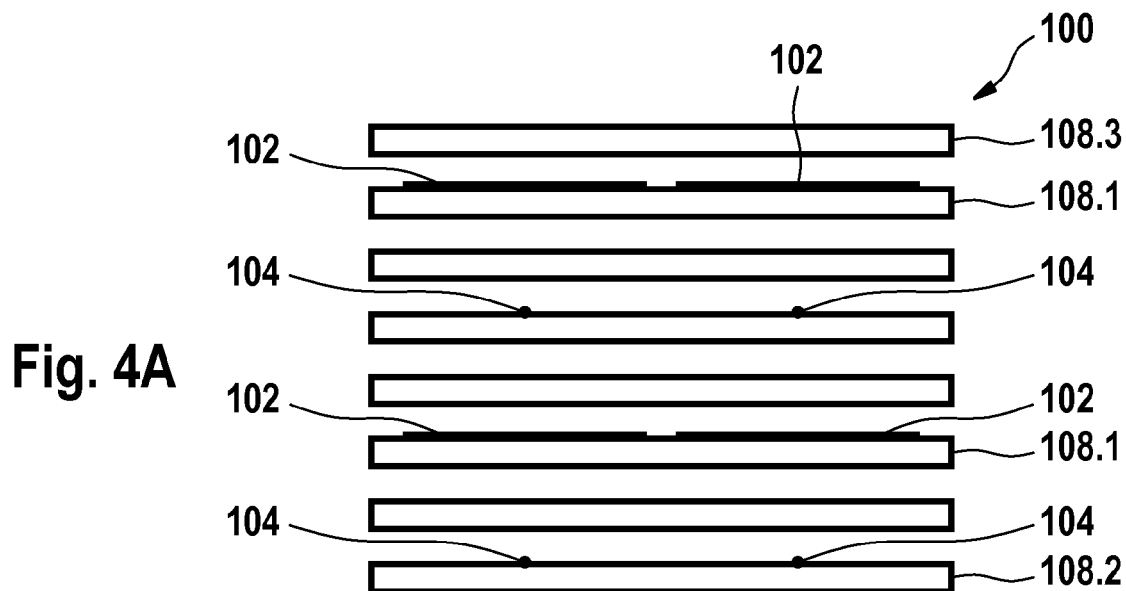


Fig. 3



**Fig. 4**



Fig. 5A

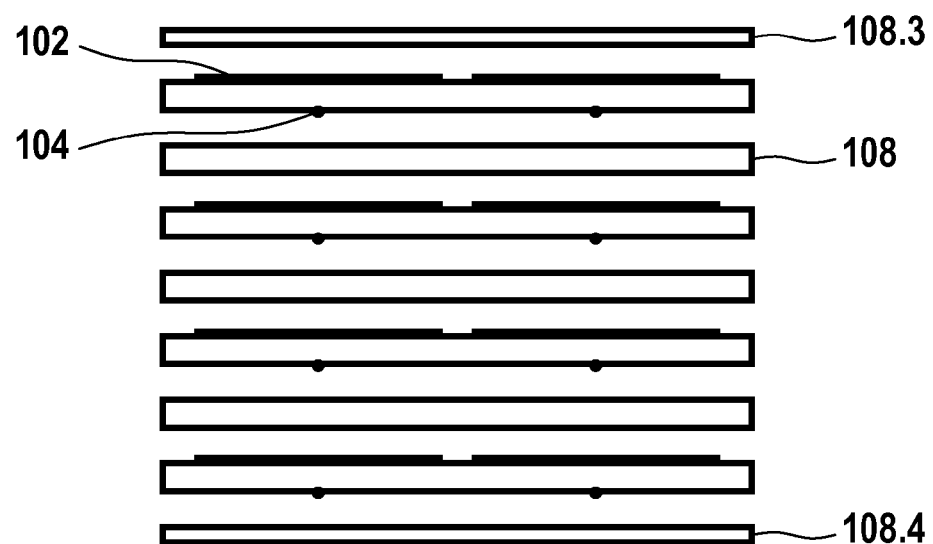


Fig. 5B

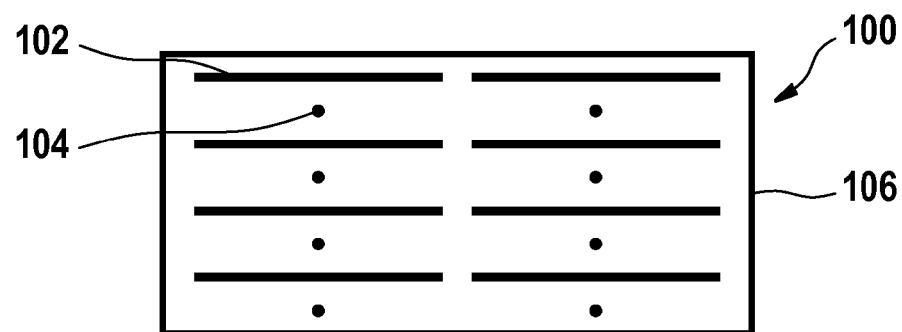
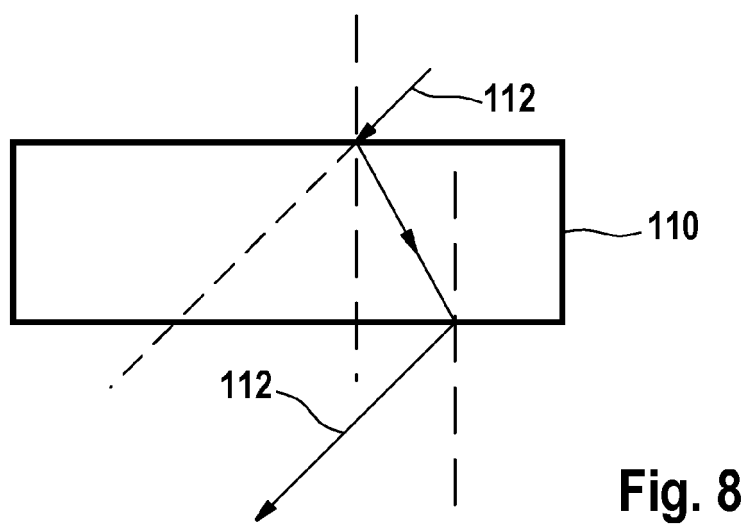
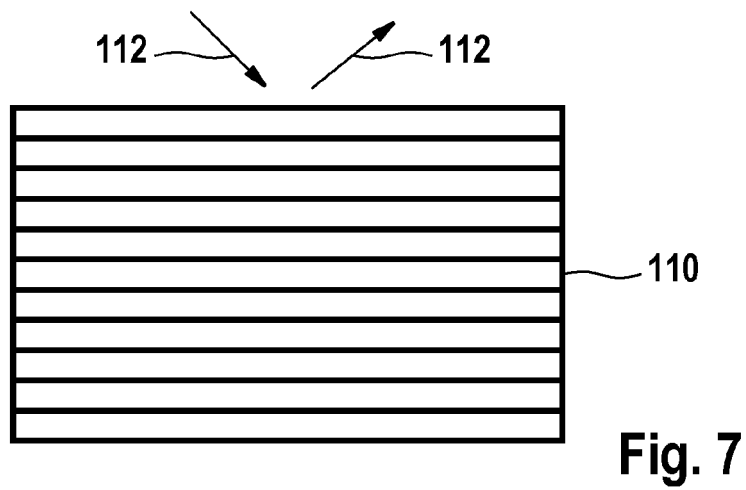
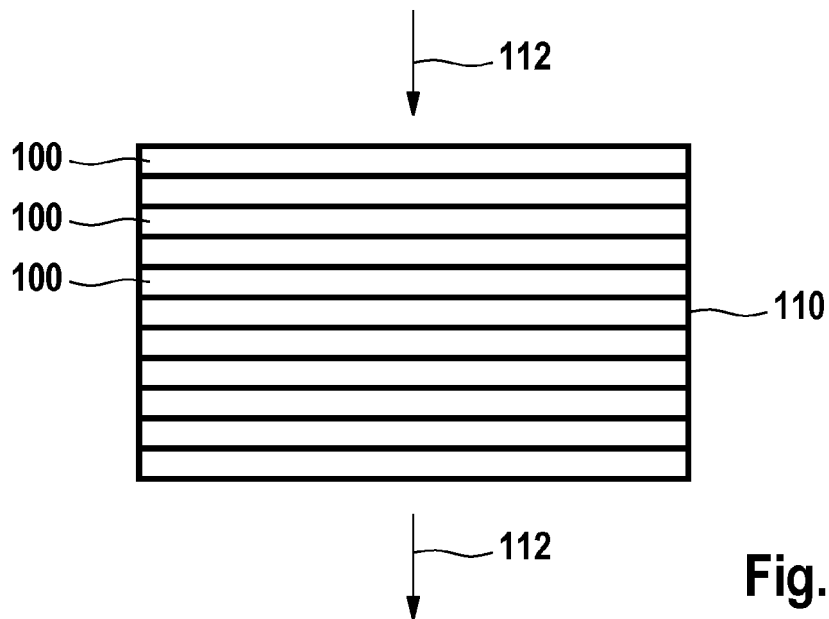


Fig. 5



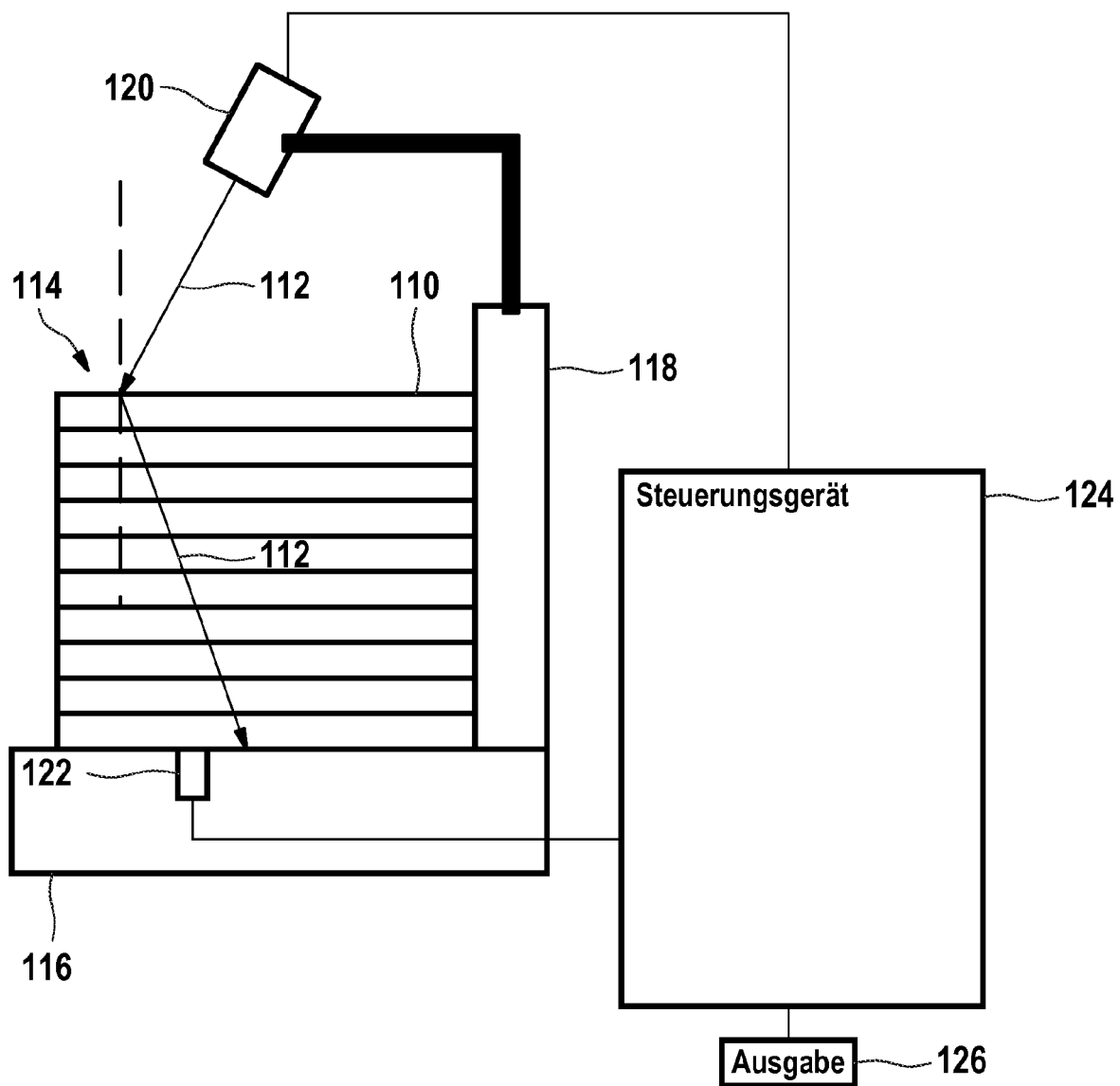


Fig. 9

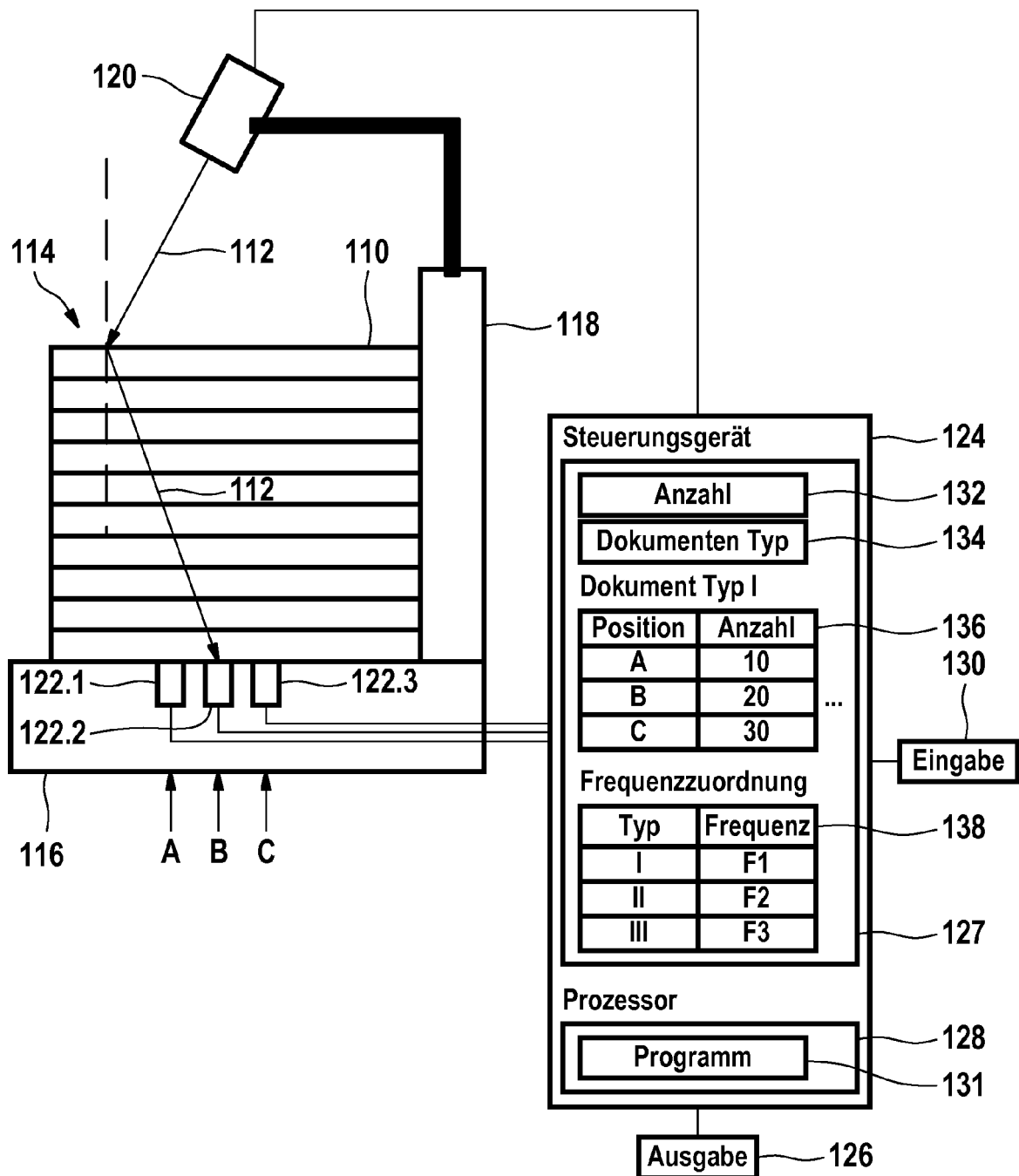


Fig. 10

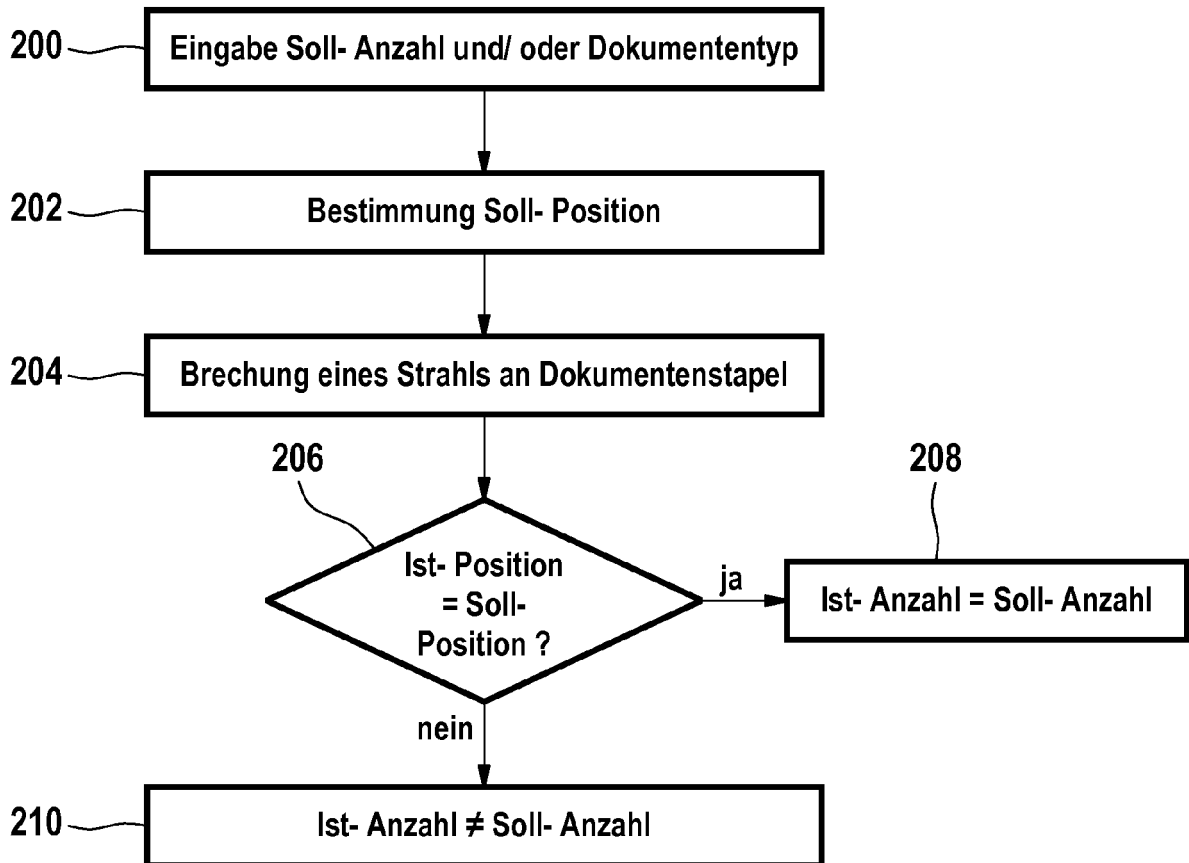


Fig. 11

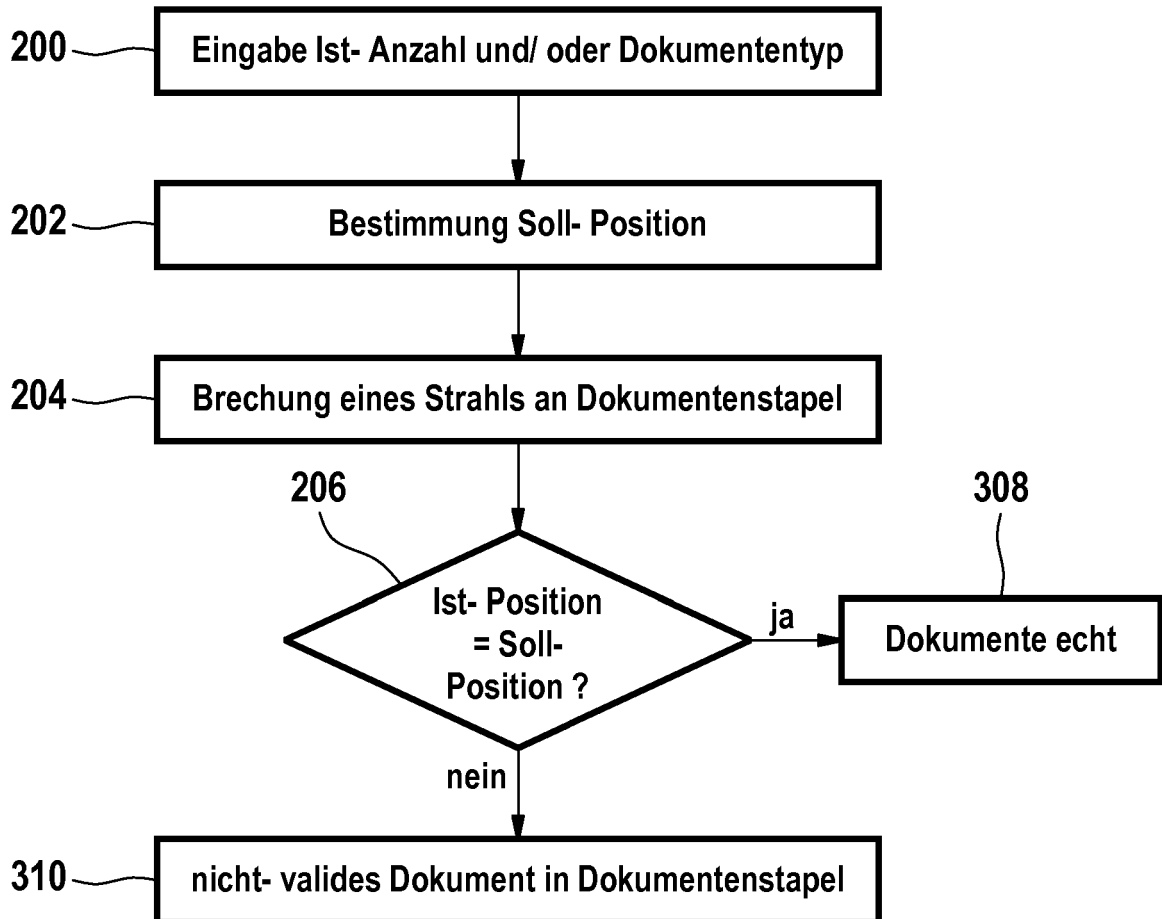


Fig. 12

## IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6958729 B1 [0008]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Spektrum der Wissenschaft*, Oktober 2006, 74-81 [0008]
- Electro-magnetic Resonances in Individual and Coupled Split-Ring Resonators. *Journal of Applied Physics*, 01. September 2002, vol. 92 (5), 2929-2936 [0008]
- **Li Jiusheng**. *Microwave and Millimeter Wave Technology*, 18. April 2007, ISBN 1-4244-1049-5, 1-4 [0009]