



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.12.2017 Patentblatt 2017/52

(51) Int Cl.:
G07D 7/1205 ^(2016.01) **G07D 7/202** ^(2016.01)
G07D 7/02 ^(2016.01)

(21) Anmeldenummer: **17172437.0**

(22) Anmeldetag: **23.05.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **21.06.2016 DE 102016111348**

(71) Anmelder: **Bundesdruckerei GmbH**
10969 Berlin (DE)

(72) Erfinder:
• **WILKE, Andreas**
13509 Berlin (DE)
• **KOMAROV, Ilya**
10589 Berlin (DE)
• **PAESCHKE, Manfred**
16348 Wandlitz (DE)
• **SIEGMANN, Rebekka**
13353 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Patentship**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Elsenheimerstraße 65
80687 München (DE)

(54) **DOKUMENTENLESEGERÄT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Dokumentenlesegerät (100) für ein Authentifikationsdokument (101), wobei das Authentifikationsdokument (101) eine Trägerschicht (103) und eine auf der Trägerschicht (103) angeordnete Molekularschicht (105) aufweist, wobei das Authentifikationsdokument (101) ferner ausgebildet ist, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht (105) in einen Anregungszustand versetzt. Das Dokumentenlesegerät (100) umfasst eine Kommunikationsschnittstelle (107), welche mit dem Authentifikationsdokument (101) elektrisch verbindbar und ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument (101) mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes zu beaufschlagen, eine Beleuchtungsvorrichtung (109), welche ausgebildet ist,

die Molekularschicht (105) des Authentifikationsdokumentes (101) mit Beleuchtungslicht (111-1) zu durchleuchten, wobei das Beleuchtungslicht (111-1) ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht (111-1) an der Trägerschicht (103) reflektierbar ist, einen Lichtsensor (113), welcher ausgebildet ist, das an der Trägerschicht (103) reflektierte Beleuchtungslicht (111-2) zu erfassen, wobei das reflektierte Beleuchtungslicht (111-2) ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet, und einen Prozessor (115), welcher ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument (101) auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum zu authentifizieren.

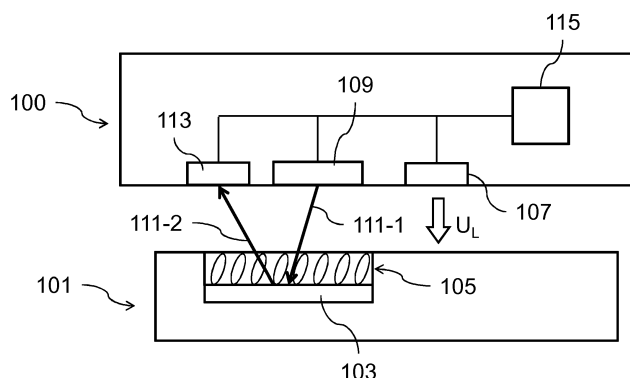


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Dokumentenlesegerät für ein Authentifikationsdokument und ein Verfahren zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments.

[0002] Ein Dokument wie ein Identifikationsdokument oder eine Banknote weist meist eine Vielzahl an Sicherheitsmerkmalen auf, welche die Authentizität des Dokuments beweisen und eine Fälschung des Dokuments erschweren sollen. Die Sicherheitsmerkmale weisen dabei meist charakteristische Eigenschaften auf, welche bei einer Authentifizierung des Dokuments überprüft werden können. Die Sicherheitsmerkmale können ferner elektronische Schaltkreise umfassen, welche bei der Authentifizierung des Dokuments ausgelesen werden.

[0003] Bei gängigen Authentifizierungsverfahren erfolgt ein Datenaustausch zwischen einem Dokumentenlesegerät und dem Dokument meist über kontaktlose, digitale Kommunikationsprotokolle. Dabei können digitale Verschlüsselungsverfahren wie das Transport-Layer-Security Protokoll und/oder das RSA-Kryptosystem zum Authentifizieren des Dokuments bzw. zum digitalen Signieren mit dem Dokument eingesetzt werden. Diese digitalen Verschlüsselungsprotokolle können jedoch von besonders leistungsstarken Computersystemen, beispielsweise Quantencomputern, entschlüsselt werden. Ferner wird zum Durchführen der Authentifizierungsverfahren ein Prozessor, beispielsweise in Form eines Computerchips, in dem Dokument benötigt, wodurch die Herstellungskosten des Dokuments zusätzlich erhöht werden.

[0004] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein effizientes Konzept zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments zu schaffen, welches insbesondere keinen Prozessor bzw. Mikrochip in dem Authentifikationsdokument voraussetzt.

[0005] Diese Aufgabe wird durch Gegenstände mit den Merkmalen nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Figuren, der Beschreibung und der abhängigen Ansprüche.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Dokumentenlesegerät für ein Authentifikationsdokument, wobei das Authentifikationsdokument eine Trägerschicht und eine auf der Trägerschicht angeordnete Molekularschicht aufweist, wobei das Authentifikationsdokument ferner ausgebildet ist, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht in einen Anregungszustand versetzt, mit einer Kommunikationsschnittstelle, welche mit dem Authentifikationsdokument elektrisch verbindbar und ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes zu beaufschlagen, einer Beleuchtungsvorrichtung, welche ausgebildet ist, die Molekularschicht des Authentifikationsdokumentes mit Beleuchtungslicht zu durchleuchten, wobei das Beleuchtungs-

licht ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht an der Trägerschicht reflektierbar ist, einem Lichtsensor, welcher ausgebildet ist, das an der Trägerschicht reflektierte Beleuchtungslicht zu erfassen, wobei das reflektierte Beleuchtungslicht ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet, und einem Prozessor, welcher ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum zu authentifizieren. Dabei ist der Prozessor ausgelegt, auf analoger und/oder digitaler und/oder optischen Basis zu arbeiten. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis einer spektralen Veränderung des Beleuchtungslichts bei durchleuchten der Molekularschicht authentifiziert werden kann. Diese spektrale Veränderung hängt insbesondere von dem Aufbau der Molekularschicht und von der beaufschlagten elektrischen Spannung ab und ist deshalb besonders fälschungssicher.

[0007] Durch die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments wird das Authentifikationsdokument authentifiziert. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments kann eine Identifizierung des Authentifikationsdokuments und/oder eine Verifizierung der Identität des Authentifikationsdokuments umfassen. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments kann im Rahmen eines Signaturvorganges erfolgen, wobei der Signaturersteller mittels der Authentifizierung identifiziert werden kann.

[0008] Das Authentifikationsdokument kann eine ID-Karte oder eine Smartcard, sein. Das Authentifikationsdokument kann ferner eines der folgenden Identifikationsdokumente sein: Identitätsdokument, wie Personalausweis, Reisepass, Zugangskontrollausweis, Berechtigungsausweis, Unternehmensausweis, Steuerzeichen oder Ticket, Geburtsurkunde, Führerschein oder Kraftfahrzeugausweis, Zahlungsmittel, beispielsweise eine Bankkarte oder Kreditkarte. Das Authentifikationsdokument kann ferner einen elektronisch auslesbaren Schaltkreis, beispielsweise einen RFID-Chip umfassen. Das Authentifikationsdokument kann ein- oder mehrlagig bzw. papier- und/oder kunststoffbasiert sein. Das Authentifikationsdokument kann aus kunststoffbasierten Folien aufgebaut sein, welche zu einem Kartenkörper mittels Verkleben und/oder Laminieren zusammengefügt werden, wobei die Folien bevorzugt ähnliche stoffliche Eigenschaften aufweisen.

[0009] Die Molekularschicht des Authentifikationsdokuments kann ein Sicherheitsmerkmal des Authentifikationsdokuments umfassen oder bilden. Die Molekularschicht kann ferner eine physikalisch unklonbare Funktion (physical unclonable function, PUF) bilden. Die Molekularschicht kann auf oder an dem Authentifikationsdokument angeordnet sein, und kann zur Authentifizierung des Authentifikationsdokuments, beispielsweise zum Verifizieren der Echtheit des Authentifikationsdokuments, eingesetzt werden.

[0010] Die Molekularschicht des Authentifikationsdokuments kann eine Mehrzahl von orientierten Molekülen oder Polymerketten aufweisen, welche auf der Trägerschicht angeordnet sein können und chemisch oder physikalisch mit der Trägerschicht gebunden sein können. Die orientierten Moleküle und/oder Polymerketten können mit jeweils einem Ende mit der Trägerschicht verankert sein. Die orientierten Moleküle und/oder Polymerketten können zufällig auf der Trägerschicht angeordnet sein.

[0011] Die Polymerketten oder orientierten Moleküle können ansprechend auf das Stimulationsfeld aus einer Ruhelage auslenkbar sein. Das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts kann durch die Auslenkung der Polymerketten oder orientierten Moleküle festgelegt sein, oder auf eine charakteristische Art und Weise beeinflusst sein. Beispielsweise weisen die ausgelenkten orientierten Moleküle oder Polymerketten ein charakteristisches Absorptionsspektrum auf, welches von der Auslenkung und somit von dem Stimulationsfeld bzw. der beaufschlagten elektrischen Spannung abhängt. Bei Durchleuchten der Molekularschicht, insbesondere zweifachem Durchleuchten der Molekularschicht, kann das erste Lichtspektrum des Beleuchtungslichts aufgrund der charakteristischen Absorption in der angeregten Molekularschicht in das zweite Lichtspektrum umgewandelt werden.

[0012] Dabei kann das Absorptionsspektrum der Molekularschicht in dem Anregungszustand von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, insbesondere der Art der Moleküle oder Polymerketten, der Länge der Moleküle oder Polymerketten und der Dichte bzw. der Verteilung der Mehrzahl von Molekülen oder Polymerketten auf der Trägerschicht. Aufgrund der großen Zahl von Molekülen oder Polymerketten auf der Trägerschicht kann sich daraus ein einzigartiges und schwer zu kopierendes Absorptionsspektrum ergeben, welches eine charakteristische Eigenschaft der Molekularschicht darstellt.

[0013] Das Stimulationsfeld kann ein elektrisches Stimulationsfeld, ein elektrostatisches Stimulationsfeld, ein magnetisches Stimulationsfeld oder ein elektromagnetisches Stimulationsfeld sein. Die Anregung der Molekularschicht mit dem Stimulationsfeld kann eine rein elektrische Anregung, eine rein magnetische Anregung und/oder eine Kombination aus beiden Anregungen umfassen. Das Stimulationsfeld kann durch das Anlegen der elektrischen Spannung an zwei Elektroden erzeugt werden. Die Elektroden können auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Molekularschicht angeordnet sein. Alternativ kann die Trägerschicht als eine der zwei Elektroden ausgebildet sein. Die zweite Elektrode kann neben der Molekularschicht angeordnet sein. Ferner kann die Trägerschicht auch beide Elektroden umfassen.

[0014] Die Trägerschicht des Authentifikationsdokuments kann eine Metallschicht, insbesondere eine Gold- oder Silberschicht, eine leitende Oxidschicht, eine dielektrische Schicht, eine Kunststoffschicht, insbesondere eine Polycarbonat-Schicht, oder eine Halbleiterschicht

sein.

[0015] Die Kommunikationsschnittstelle des Dokumentenlesegeräts kann eine Spannungsquelle, insbesondere eine Gleich- oder eine Wechselspannungsquelle, zum Erzeugen der elektrischen Spannung umfassen. Die elektrische Spannung kann einen Spannungswert, insbesondere eine Spannungsamplitude, aufweisen. Die Spannungsquelle kann mit dem Authentifikationsdokument, insbesondere mit Elektroden des Authentifikationsdokuments, elektrisch verbindbar sein. Die Kommunikationsschnittstelle kann ferner eine drahtlose Schnittstelle, insbesondere eine Bluetooth-Schnittstelle oder eine WLAN-Schnittstelle, oder einen RFID-Leser umfassen.

[0016] Der Prozessor kann als Mikroprozessor in dem Dokumentenlesegerät ausgebildet sein. Der Prozessor kann ferner in ein Datenverarbeitungsgerät, beispielsweise einen Computer oder einen Laptop, integriert sein, welches an das Dokumentenlesegerät angeschlossen ist. Dabei ist der Prozessor ausgelegt, auf analoger und/oder digitaler und/oder optischen Basis zu arbeiten.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Prozessor einen Zufallsgenerator, welcher ausgebildet ist, die elektrische Spannung oder einen Spannungswert der elektrischen Spannung auf Zufallsbasis zu erzeugen. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts besonders schwer nachzubilden bzw. zu fälschen ist.

[0018] Der Prozessor kann ausgebildet sein, die Kommunikationsschnittstelle mit der erzeugten elektrischen Spannung, insbesondere mit einem Spannungswert der erzeugten elektrischen Spannung, zum Beaufschlagen des Authentifikationsdokuments anzusteuern.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform ist der Prozessor ausgebildet, auf der Basis des Vergleichs des ersten Lichtspektrums und des zweiten Lichtspektrums ein Absorptionsspektrum der Molekularschicht zu ermitteln, wobei der Prozessor ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument auf der Basis des Absorptionsspektrums zu authentifizieren. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis des charakteristischen Absorptionsspektrums der Molekularschicht authentifiziert werden kann. Das Absorptionsspektrum kann dabei von der Molekularschicht und der beaufschlagten, insbesondere zufälligen, elektrischen Spannung abhängen und kann eine physikalisch unklonbare Funktion bilden.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform ist der Prozessor ausgebildet, auf der Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts und des ermittelten Absorptionsspektrums ein Erwartungsspektrum zu berechnen, wobei der Prozessor ausgebildet ist, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts mit dem Erwartungsspektrum zu vergleichen und das Authentifikationsdokument zu authentifizieren, falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis des erfassten Absorptionsspekt-

rum der Molekularschicht authentifiziert werden kann.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Beleuchtungsvorrichtung zumindest eine Lichtquelle, insbesondere eine LED und/oder eine Laserdiode. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass eine effiziente Beleuchtung der Molekularschicht erfolgen kann. Die Lichtquellen können in einem Array, beispielsweise einem LED-Array, angeordnet und ausgebildet sein, die Molekularschicht des Authentifikationsdokuments möglichst gleichmäßig zu beleuchten.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform ist die Beleuchtungseinrichtung ausgebildet, das Beleuchtungslicht in einem Weißlicht-Wellenlängenbereich, einem Infrarot-Wellenlängenbereich oder einem Ultraviolett-Wellenlängenbereich zu erzeugen. Das erste Lichtspektrum kann durch den Wellenlängenbereich des Beleuchtungslichts festgelegt sein.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform weist der Lichtsensor zumindest eine Fotodiode oder eine Fotodiodenschicht oder eine Transistorschicht auf. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das reflektierte Beleuchtungslicht effizient erfasst werden kann.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Lichtsensor eine Spektrometervorrichtung, welche ausgebildet ist, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts zu erfassen. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das zweite Lichtspektrum effizient erfasst werden kann. Die Spektrometervorrichtung kann zumindest eine Fotodiode umfassen.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Spektrometervorrichtung ein Prismen-Spektrometer, ein Gitterspektrometer, ein Fourier-Transform-Spektrometer oder ein Laser-Spektrometer. Die Spektrometervorrichtung kann als Mikrospektrometer ausgebildet und in das Dokumentenlesegerät integriert sein.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Kommunikationsschnittstelle eine Spannungsquelle, insbesondere eine Gleichspannungsquelle oder eine Wechselspannungsquelle, zum Erzeugen der elektrischen Spannung. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass die elektrische Spannung effizient als Gleichspannung oder als Wechselspannung erzeugt werden kann.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform ist die Kommunikationsschnittstelle ausgebildet, ein Authentifizierungsanfragesignal zu empfangen, wobei die Kommunikationsschnittstelle ausgebildet ist, die Beleuchtungsvorrichtung ansprechend auf das Empfangen des Authentifizierungsanfragesignals zum Aussenden des Beleuchtungslichts anzusteuern. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments durch das Dokumentenlesegerät effizient initialisiert werden kann. Das Authentifizierungsanfragesignal kann von dem Authentifikationsdokument selbst ausgesendet werden.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Dokumentenlesegerät eine Anzeige, insbesondere ein Display, wobei die Anzeige ausgebildet ist, eine erfolgreiche oder eine fehlgeschlagene Authentifizierung des

Authentifikationsdokuments anzuzeigen. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass eine erfolgreiche oder fehlgeschlagene Authentifizierung effizient angezeigt werden kann. Die Anzeige kann ein Touch-Display sein, welche zusätzlich zum Bedienen des Dokumentenlesegeräts, beispielsweise zum Initialisieren eines Authentifizierungsvorgangs, genutzt werden kann.

[0029] Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments, wobei das Authentifikationsdokument eine Trägerschicht und eine auf der Trägerschicht angeordnete Molekularschicht aufweist, wobei das Authentifikationsdokument ferner ausgebildet ist, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht in einen Anregungszustand versetzt, mit Beaufschlagen des Authentifikationsdokuments mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes, Durchleuchten der Molekularschicht mit Beleuchtungslicht, wobei das Beleuchtungslicht ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht an der Trägerschicht reflektierbar ist, Erfassen des an der Trägerschicht reflektierten Beleuchtungslichts, wobei das reflektierte Beleuchtungslicht ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet, und Authentifizieren des Authentifikationsdokuments auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum.

[0030] Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis einer spektralen Veränderung des Beleuchtungslichts beim Durchleuchten der Molekularschicht authentifiziert werden kann. Diese spektrale Veränderung hängt insbesondere von dem Aufbau der Molekularschicht und von der beaufschlagten elektrischen Spannung ab und ist deshalb besonders fälschungssicher.

[0031] Das Verfahren kann mittels des erfindungsgemäßen Dokumentenlesegeräts durchgeführt werden. Weitere Merkmale des Verfahrens ergeben sich unmittelbar aus der Funktionalität des erfindungsgemäßen Dokumentenlesegeräts.

[0032] Durch die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments wird das Authentifikationsdokument authentifiziert. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments kann eine Identifizierung des Authentifikationsdokuments und/oder eine Verifizierung der Identität des Authentifikationsdokuments umfassen. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments kann im Rahmen eines Signaturvorganges erfolgen, wobei der Signaturersteller mittels der Authentifizierung identifiziert werden kann.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Verfahrensschritt des Authentifizierens des Authentifikationsdokuments auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum die folgenden weiteren Verfahrensschritte: Ermitteln eines Absorptionsspektrums der Molekularschicht auf der Basis des Vergleichs des ersten Lichtspektrums und des

zweiten Lichtspektrums, und Authentifizierenes des Authentifikationsdokuments auf der Basis des Absorptionsspektrums. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis des charakteristischen Absorptionsspektrums der Molekularschicht authentifiziert werden kann. Das Absorptionsspektrum kann dabei von der Molekularschicht und der beaufschlagten, insbesondere zufälligen, elektrischen Spannung abhängen und kann eine physikalisch unklonbare Funktion bilden.

[0034] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Verfahrensschritt des Authentifizierenes des Authentifikationsdokuments auf der Basis des Absorptionsspektrums die folgenden weiteren Verfahrensschritte: Berechnen eines Erwartungsspektrums auf der Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts und des ermittelten Absorptionsspektrums, Vergleichen des zweiten Lichtspektrums des reflektierten Beleuchtungslichts mit dem Erwartungsspektrum, und Authentifizieren des Authentifikationsdokuments, falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht. Dadurch wird der Vorteil erreicht, dass das Authentifikationsdokument effizient auf der Basis des erfassten Absorptionsspektrums der Molekularschicht authentifiziert werden kann.

[0035] Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung ein Computerprogramm mit einem Programmcode zum Ausführen des Verfahrens nach dem zweiten Aspekt der Erfindung.

[0036] Die Erfindung kann in Software und/oder Hardware realisiert werden.

[0037] Weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden Bezug nehmend auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dokumentenlesegeräts für ein Authentifikationsdokument;
- Fig. 2a eine schematische Darstellung einer Molekularschicht, welche durch eine Vielzahl von auslenkbaren Molekülen gebildet ist, im Ruhezustand;
- Fig. 2b eine schematische Darstellung der Molekularschicht aus Fig. 2a nach Anlegen eines Stimulationsfeldes;
- Fig. 3 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments; und
- Fig. 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments.

[0038] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Dokumentenlesegeräts 100 für ein Authentifikationsdokument 101 gemäß einer Ausführungsform.

[0039] Das Authentifikationsdokument 101 weist eine Trägerschicht 103 und eine auf der Trägerschicht 103 angeordnete Molekularschicht 105 auf. Das Authentifikationsdokument 101 ist ferner ausgebildet, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht 105 in einen Anregungszustand versetzt.

[0040] Das Dokumentenlesegerät 100 umfasst eine Kommunikationsschnittstelle 107, welche mit dem Authentifikationsdokument 101 elektrisch verbindbar und ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument 101 mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes zu beaufschlagen, eine Beleuchtungsvorrichtung 109, welche ausgebildet ist, die Molekularschicht 105 des Authentifikationsdokumentes 101 mit Beleuchtungslicht 111-1 zu durchleuchten, wobei das Beleuchtungslicht 111-1 ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht 111-1 an der Trägerschicht 103 reflektierbar ist, einen Lichtsensor 113, welcher ausgebildet ist, das an der Trägerschicht 103 reflektierte Beleuchtungslicht 111-2 zu erfassen, wobei das reflektierte Beleuchtungslicht 111-2 ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet, und einen Prozessor 115, welcher ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument 101 auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum zu authentifizieren.

[0041] Durch die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 wird das Authentifikationsdokument 101 authentifiziert. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 kann eine Identifizierung des Authentifikationsdokuments 101 und/oder eine Verifizierung der Identität des Authentifikationsdokuments 101 umfassen. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 kann im Rahmen eines Signaturvorganges erfolgen, wobei der Signaturersteller mittels der Authentifizierung identifiziert werden kann.

[0042] Das Authentifikationsdokument 101 kann eine ID-Karte oder eine Smartcard, sein. Das Authentifikationsdokument 101 kann ferner eines der folgenden Identifikationsdokumente sein: Identitätsdokument, wie Personalausweis, Reisepass, Zugangskontrollausweis, Berechtigungsausweis, Unternehmensausweis, Steuerzeichen oder Ticket, Geburtsurkunde, Führerschein oder Kraftfahrzeugausweis, Zahlungsmittel, beispielsweise eine Bankkarte oder Kreditkarte. Das Authentifikationsdokument 101 kann ferner einen elektronisch auslesbaren Schaltkreis, beispielsweise einen RFID-Chip umfassen. Das Authentifikationsdokument 101 kann ein- oder mehrlagig bzw. papier- und/oder kunststoffbasiert sein. Das Authentifikationsdokument 101 kann aus kunststoffbasierten Folien aufgebaut sein, welche zu einem Kartenkörper mittels Verkleben und/oder Laminieren zusammengefügt werden, wobei die Folien bevorzugt ähnliche stoffliche Eigenschaften aufweisen.

[0043] Die Molekularschicht 105 des Authentifikationsdokuments 101 kann ein Sicherheitsmerkmal des Authentifikationsdokuments 101 umfassen oder bilden.

Die Molekularschicht 105 kann ferner eine physikalisch unklonbare Funktion (physical unclonable function, PUF) bilden. Die Molekularschicht 105 kann auf oder an dem Authentifikationsdokument 101 angeordnet sein, und kann zur Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101, beispielsweise zum Verifizieren der Echtheit des Authentifikationsdokuments 101, eingesetzt werden.

[0044] Die Molekularschicht 105 des Authentifikationsdokuments 101 kann eine Mehrzahl von orientierten Molekülen oder Polymerketten aufweisen, welche auf der Trägerschicht 103 angeordnet sein können und chemisch oder physikalisch mit der Trägerschicht 103 gebunden sein können. Die orientierten Moleküle und/oder Polymerketten können mit jeweils einem Ende mit der Trägerschicht 103 verankert sein. Die orientierten Moleküle und/oder Polymerketten können zufällig auf der Trägerschicht 103 angeordnet sein.

[0045] Die Polymerketten oder orientierten Moleküle können ansprechend auf das Stimulationsfeld aus einer Ruhelage auslenkbar sein. Das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 kann durch die Auslenkung der Polymerketten oder orientierten Moleküle festgelegt sein, oder auf eine charakteristische Art und Weise beeinflusst sein. Beispielsweise weisen die ausgelenkten orientierten Moleküle oder Polymerketten ein charakteristisches Absorptionsspektrum auf, welches von der Auslenkung und somit von dem Stimulationsfeld bzw. der beaufschlagten elektrischen Spannung abhängt. Bei Durchleuchten der Molekularschicht 105, insbesondere zweifachem Durchleuchten der Molekularschicht 105, kann das erste Lichtspektrum des Beleuchtungslichts 111-1 aufgrund der charakteristischen Absorption in der angeregten Molekularschicht 105 in das zweite Lichtspektrum umgewandelt werden.

[0046] Dabei kann das Absorptionsspektrum der Molekularschicht 105 in dem Anregungszustand von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, insbesondere der Art der Moleküle oder Polymerketten, der Länge der Moleküle oder Polymerketten und der Dichte bzw. der Verteilung der Mehrzahl von Molekülen oder Polymerketten auf der Trägerschicht 103. Aufgrund der großen Zahl von Molekülen oder Polymerketten auf der Trägerschicht 103 kann sich daraus ein einzigartiges und schwer zu kopierendes Absorptionsspektrum ergeben, welches eine charakteristische Eigenschaft der Molekularschicht 105 darstellt.

[0047] Das Stimulationsfeld kann ein elektrisches Stimulationsfeld, ein elektrostatisches Stimulationsfeld, ein magnetisches Stimulationsfeld oder ein elektromagnetisches Stimulationsfeld sein. Die Anregung der Molekularschicht 105 mit dem Stimulationsfeld kann eine rein elektrische Anregung, eine rein magnetische Anregung und/oder eine Kombination aus beiden Anregungen umfassen. Das Stimulationsfeld kann durch das Anlegen der elektrischen Spannung an zwei Elektroden erzeugt werden. Die Elektroden können auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Molekularschicht 105 angeordnet

sein. Alternativ kann die Trägerschicht 103 als eine der zwei Elektroden ausgebildet sein. Die zweite Elektrode kann neben der Molekularschicht 105 angeordnet sein. Ferner kann die Trägerschicht 103 auch beide Elektroden umfassen.

[0048] Die Trägerschicht 103 des Authentifikationsdokuments 101 kann eine Metallschicht, insbesondere eine Gold- oder Silberschicht, eine leitende Oxidschicht, eine dielektrische Schicht, eine Kunststoffschicht, insbesondere eine Polycarbonat-Schicht, oder eine Halbleiterschicht sein.

[0049] Die Kommunikationsschnittstelle 107 kann eine Spannungsquelle, insbesondere eine Gleich- oder eine Wechsellspannungsquelle, zum Erzeugen der elektrischen Spannung umfassen. Die elektrische Spannung kann einen Spannungswert, insbesondere eine Spannungsamplitude, aufweisen. Die Spannungsquelle kann mit dem Authentifikationsdokument 101, insbesondere mit Elektroden des Authentifikationsdokuments 101, elektrisch verbindbar sein. Die Kommunikationsschnittstelle 107 kann ferner eine drahtlose Schnittstelle, insbesondere eine Bluetooth-Schnittstelle oder eine WLAN-Schnittstelle, oder einen RFID-Leser umfassen.

[0050] Der Prozessor 115 kann als Mikroprozessor in dem Dokumentenlesegerät 100 ausgebildet sein. Der Prozessor 115 kann ferner in ein Datenverarbeitungsgerät, beispielsweise einen Computer oder einen Laptop, integriert sein, welches an das Dokumentenlesegerät 100 angeschlossen ist. Dabei ist der Prozessor ausgelegt, auf analoger und/oder digitaler und/oder optischen Basis zu arbeiten.

[0051] Der Prozessor 115 kann einen Zufallsgenerator umfassen oder als Zufallsgenerator ausgebildet sein. Der Zufallsgenerator kann ausgebildet sein, die elektrische Spannung auf der Basis eines Zufallsalgorithmus zu bestimmen. Der Prozessor 115 kann ausgebildet sein, nach dem Bestimmen der elektrischen Spannung, die Kommunikationsschnittstelle 107 zum Beaufschlagen des Authentifikationsdokuments 101 mit der elektrischen Spannung anzusteuern.

[0052] Der Prozessor 115 kann ferner ausgebildet sein, auf der Basis des Vergleichs des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts 111-1 und des zweiten Lichtspektrums des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 ein Absorptionsspektrum zu ermitteln. Der Prozessor 115 kann ausgebildet sein, das Authentifikationsdokument 101 auf der Basis des Absorptionsspektrums zu authentifizieren.

[0053] Der Prozessor 115 kann ferner ausgebildet sein, auf der Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts 111-1 und des ermittelten Absorptionsspektrums ein Erwartungsspektrum zu berechnen. Der Prozessor 115 kann ausgebildet sein, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 mit dem Erwartungsspektrum zu vergleichen und das Authentifikationsdokument 101 zu authentifizieren, falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht.

[0054] Die Beleuchtungsvorrichtung 109 kann zumindest eine Lichtquelle, insbesondere eine LED und/oder eine Laserdiode, umfassen, welche ausgebildet ist, das Beleuchtungslicht 111-1 in Richtung der Molekularschicht 105 des Authentifikationsdokuments 101 auszustrahlen.

[0055] Die Lichtquellen können dabei ausgebildet sein, das Beleuchtungslicht 111-1 in einem Weißlicht-Wellenlängenbereich, einem Infrarot-Wellenlängenbereich oder einem Ultraviolett-Wellenlängenbereich zu erzeugen. Der Wellenlängenbereich des Beleuchtungslichts 111-1 kann das erste Lichtspektrum des Beleuchtungslichts 111-1 festlegen.

[0056] Der Lichtsensor 113 kann zumindest eine Fotodiode oder eine Fotodioden-Schicht oder eine Transistorschicht aufweisen, um das reflektierte Beleuchtungslicht 111-2 zu erfassen.

[0057] Der Lichtsensor 113 kann ferner eine Spektrometervorrichtung umfassen, welche ausgebildet ist, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 zu erfassen. Die Spektrometervorrichtung kann als Mikrospektrometer in dem Dokumentenlesegerät 100 ausgebildet sein. Die Spektrometervorrichtung kann ein Prismen-Spektrometer, ein Gitterspektrometer, ein Fourier-Transform-Spektrometer oder ein Laser-Spektrometer umfassen. Die Spektrometervorrichtung kann die zumindest eine Fotodiode umfassen.

[0058] Die Kommunikationsschnittstelle 107 kann ausgebildet sein, ein Authentifizierungsanfragesignal zu empfangen und die Beleuchtungsvorrichtung 109 ansprechend auf das Empfangen des Authentifizierungsanfragesignals zum Aussenden des Beleuchtungslichts 111-1 anzusteuern. Auf diese Art und Weise kann eine Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 initiiert werden. Das Authentifizierungsanfragesignal kann von dem Authentifikationsdokument 101 selbst, oder von einem Kommunikationsgerät wie einem Smartphone ausgesendet werden.

[0059] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Dokumentenlesegerät 100 ferner eine Anzeige, insbesondere ein Display. Die Anzeige kann ausgebildet sein, eine erfolgreiche oder eine fehlgeschlagene Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 anzuzeigen.

[0060] Fig. 2a und Fig. 2b zeigen schematische Darstellung der Molekularschicht 105, welche durch eine Vielzahl von auslenkbaren Molekülen 201 gebildet ist, gemäß einer Ausführungsform im Ruhezustand und nach Anlegen des Stimulationsfeldes.

[0061] Die auslenkbaren Moleküle 201 können längliche Polymerketten bilden, und können als self-assembled Monolayer (SAM) auf der Trägerschicht 103 angeordnet sein.

[0062] Die auslenkbaren Moleküle 201 können elektrisch geladen sein. Die auslenkbaren Moleküle 201 können ferner mechanisch flexibel oder steif sein. Insbesondere kann die mechanische Flexibilität der auslenkbaren Moleküle 201 von ihrer Länge und/oder ihrer elektrischen

Ladung abhängen. Die auslenkbaren Moleküle 201 können synthetische Moleküle, beispielsweise Alkylketten mit weiteren funktionalen Gruppen, Biomoleküle, beispielsweise DNA oder modifizierte Biomoleküle umfassen. Die auslenkbaren Moleküle 201 können als elektrische Monopole, Dipole oder Quadrupole ausgebildet sein.

[0063] Die auslenkbaren Moleküle 201 können mittels kovalenter Bindungen, ionischer Bindungen, van-der-Waals Bindungen, Wasserstoffbrückenbindungen oder Adsorption auf der Trägerschicht 103 verankert sein. Ferner können die auslenkbaren Moleküle 201 Linkermoleküle, insbesondere Thiole, umfassen, welche an einem Ende der auslenkbaren Moleküle 201 angeordnet sind, und welche die jeweiligen Moleküle 201 auf der Trägerschicht 103 verankern. Das nicht auf der Trägerschicht 103 verankerte Ende der auslenkbaren Moleküle 201 kann, wie in Fig. 2a und Fig. 2b gezeigt, von der Trägerschicht 103 abstehen.

[0064] Die auslenkbaren Moleküle 201 befinden sich in Fig. 2a in einer Ruhelage, beispielsweise weil das Authentifikationsdokument 101 mit keiner elektrischen Spannung beaufschlagt ist ($U = 0 \text{ V}$). Die auslenkbaren Moleküle 201 in der Ruhelage stehen beispielsweise senkrecht von der Trägerschicht 103 ab, aufgrund von gegenseitiger Abstoßung der gleich geladenen Moleküle 201.

[0065] Fig. 2b zeigt die Molekularschicht 105 aus Fig. 2a nach Anlegen des Stimulationsfeldes gemäß einer Ausführungsform.

[0066] Das Stimulationsfeld wird in Fig. 2b durch Anlegen der elektrischen Spannung $U = U_L$ an die Trägerschicht 103, welche eine erste Elektrode bildet, und eine zweite nicht gezeigte Elektrode erzeugt. Das Stimulationsfeld ist beispielsweise ein elektrisches Feld zwischen den beiden Elektroden.

[0067] Die auslenkbaren Moleküle 201, welche beispielsweise eine negative elektrische Ladung tragen, werden in Fig. 2b ansprechend auf das Anlegen der elektrischen Spannung ($U = U_L$) bzw. das Erzeugen des Stimulationsfeldes aus der Ruhelage ausgelenkt.

[0068] Der Anregungszustand der Molekularschicht 105 kann durch diese Auslenkung der auslenkbaren Moleküle 201 aus der Ruhelage bestimmt sein. Dabei kann die Auslenkung der Moleküle 201 die Absorptionseigenschaften der Molekularschicht 105, insbesondere ein Absorptionsspektrum der Molekularschicht 105, charakteristisch verändern. Die Veränderung der Absorptionseigenschaften kann dabei in direktem Zusammenhang zu der Auslenkung der Moleküle 201 und der angelegten Spannung stehen.

[0069] Eine Indizierung einer Bewegung, insbesondere einer kollektiven Bewegung, einer Molekülschicht auf einer Oberfläche mittels eines elektrischen Feldes und die makroskopische Erfassung dieser Bewegung ist beispielsweise in Lahann, Joerg, et al. "A reversibly switching surface." Science 299(5605), p. 371-374, 2003 offenbart.

[0070] Gemäß einer Ausführungsform ist die elektrische Spannung, welche an das Authentifikationsdokument 101 zum Erzeugen des Stimulationsfeldes anlegbar ist, als Gleichspannung oder als Wechselspannung ausgebildet. Das erzeugte Stimulationsfeld kann ansprechend auf die Art der elektrischen Spannung ein Gleichfeld oder ein Wechselfeld sein. Ist das Stimulationsfeld ein Gleichfeld, so können die auslenkbaren Moleküle 201 nach Anlegen des Stimulationsfeldes so lange in dem ausgelenkten Zustand verbleiben bis das Stimulationsfeld wieder deaktiviert wird. Ist das Stimulationsfeld hingegen ein Wechselfeld, so können die auslenkbaren Moleküle 201 durch das Wechselfeld zum Schwingen, insbesondere zum kollektiven Schwingen, auf der Trägerschicht 103 angeregt werden. In diesem Fall wird der Anregungszustand der Moleküle 201 durch die Molekülschwingung festgelegt.

[0071] Die Molekularschicht 105, insbesondere die auslenkbaren Moleküle 201, können ferner ein elektrisches Moment, insbesondere ein elektrisches Dipol- oder Quadrupolmoment, oder ein magnetisches Moment, insbesondere ein magnetisches Dipol- oder Quadrupolmoment, aufweisen.

[0072] Gemäß einer Ausführungsform bewirkt das Stimulationsfeld eine Änderung der elektrischen oder magnetischen Momente der Molekularschicht 105. Die Änderung der elektrischen oder magnetischen Momente kann die charakteristische Änderung der Absorptionseigenschaften der Molekularschicht 105 bestimmen.

[0073] Ferner kann die Änderung der elektrischen oder magnetischen Momente der Molekularschicht 105 eine charakteristische Veränderung einer dielektrischen Funktion der Molekularschicht 105 verursachen. Beispielsweise ist die dielektrische Funktion der Molekularschicht 105 von der Ausrichtung der auslenkbaren Moleküle 201 abhängig.

[0074] Gemäß einer Ausführungsform bewirkt das Anlegen des Stimulationsfeldes eine Phononenanregung in der Molekularschicht 105.

[0075] Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 300 zum Authentifizieren des Authentifikationsdokuments 101 gemäß einer Ausführungsform.

[0076] Das Authentifikationsdokument 101 weist die Trägerschicht 103 und die auf der Trägerschicht 103 angeordnete Molekularschicht 105 auf, wobei das Authentifikationsdokument 101 ferner ausgebildet ist, ansprechend auf die elektrische Spannung das Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht 105 in den Anregungszustand versetzt.

[0077] Das Verfahren 300 umfasst ein Beaufschlagen 301 des Authentifikationsdokuments 101 mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes, ein Durchleuchten 303 der Molekularschicht 105 mit Beleuchtungslicht 111-1, wobei das Beleuchtungslicht 111-1 ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht 111-1 an der Trägerschicht 103 reflektierbar ist, ein Erfassen 305 des an der Trägerschicht 103 reflektierten Beleuchtungslichts 111-2, wobei das re-

flektierte Beleuchtungslicht 111-2 ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet, und ein Authentifizieren 307 des Authentifikationsdokuments 101 auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum.

[0078] Durch die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 wird das Authentifikationsdokument 101 authentifiziert. Die Authentifizierung des Authentifikationsdokuments 101 kann eine Identifizierung des Authentifikationsdokuments 101 und/oder eine Verifizierung der Identität des Authentifikationsdokuments 101 umfassen.

[0079] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Verfahrensschritt 307 des Authentifizierens des Authentifikationsdokuments 101 auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum ferner ein Ermitteln eines Absorptionsspektrums der Molekularschicht 105 auf der Basis des Vergleichs des ersten Lichtspektrums und des zweiten Lichtspektrums, und ein Authentifizieren des Authentifikationsdokuments 101 auf der Basis des Absorptionsspektrums.

[0080] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Verfahrensschritt des Authentifizierens des Authentifikationsdokuments 101 auf der Basis des Absorptionsspektrums ferner ein Berechnen eines Erwartungsspektrums auf der Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts 111-1 und des ermittelten Absorptionsspektrums, ein Vergleichen des zweiten Lichtspektrums des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 mit dem Erwartungsspektrum, und ein Authentifizieren des Authentifikationsdokuments 101, falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht.

[0081] Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens 400 zum Authentifizieren des Authentifikationsdokuments 101 gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0082] Das Verfahren 400 umfasst ein Emittieren 401 des Beleuchtungslichts 111-1 mit dem ersten Lichtspektrum $E(\lambda)$ und ein Beaufschlagen 401 des Authentifikationsdokuments 101 mit der elektrischen Spannung U_L , ein erstes Absorbieren 403 des Beleuchtungslichts 111-1 beim Durchstrahlen der Molekularschicht 105, wobei das erste Lichtspektrum $E(\lambda)$ nach dem ersten Durchstrahlen der Molekularschicht 105 aufgrund von Lichtabsorption in der Molekularschicht 105 spektral verändert wird. Dabei ist das Absorptionsspektrum der Molekularschicht $A_1(\lambda, U_L)$ eine Funktion der Wellenlänge λ und der beaufschlagten elektrischen Spannung. Das Verfahren 400 umfasst ferner ein zweites Absorbieren 405 des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2 beim erneuten Durchstrahlen der Molekularschicht 105 nach Reflexion an der Trägerschicht 103, wobei das bereits veränderte Lichtspektrum des Beleuchtungslichts 111-2 beim erneuten Durchstrahlen der Molekularschicht 105 ein zweites Mal von dem Absorptionsspektrum der Molekularschicht $A_2(\lambda, U_L)$ spektral verändert wird. Das Verfahren 400 umfasst ferner ein Detektieren 407 des reflektierten Beleuchtungslichts 111-2, welches nach dem

zweimaligen Durchstrahlen der Molekularschicht 105 das zweite Lichtspektrum $I(\lambda)$ aufweist, und ein Vergleichen 409 des detektierten zweiten Lichtspektrums $C(\lambda)$ mit einem Erwartungsspektrum $Er(\lambda)$. Das Verfahren 400 umfasst ferner ein erfolgreiches Authentifizieren 411 des Authentifikationsdokuments 101, falls das zweite Lichtspektrum $I(\lambda)$ dem Erwartungsspektrum $Er(\lambda)$ entspricht ($I(\lambda) - Er(\lambda) = 0$), oder ein erfolgloses Authentifizieren 413 des Authentifikationsdokuments 101, falls das zweite Lichtspektrum $I(\lambda)$ nicht dem Erwartungsspektrum $Er(\lambda)$ entspricht ($I(\lambda) - Er(\lambda) \neq 0$).

[0083] Das Erwartungsspektrum $Er(\lambda)$ kann von dem Prozessor 115 des Dokumentenlesegeräts 100 auf der Basis des bekannten ausgestrahlten ersten Lichtspektrums $E(\lambda)$ und der angelegten elektrischen Spannung U_L ermittelt werden. Ferner kann das Erwartungsspektrum $Er(\lambda)$ als ein Referenzspektrum in einem Speicher des Dokumentenlesegeräts 100 gespeichert sein.

[0084] Gemäß einer Ausführungsform sind die Verfahren 300, 400 zum Authentifizieren des Authentifikationsdokuments 101 Signaturverfahren für das Authentifikationsdokument 101.

[0085] Gemäß einer Ausführungsform umfassen die Authentifizierungs- bzw. Signaturverfahren 300, 400 keine digitalisierten Verschlüsselungsverfahren, wodurch die vorliegenden Verfahren 300, 400 auch nicht mit Hilfe von Quantencomputern entschlüsselbar sind, im Gegensatz zu beispielsweise RSA-Kryptosystemen.

[0086] Gemäß einer Ausführungsform ist das Dokumentenlesegerät 100 als Kartenlesegerät für eine Authentifikationskarte ausgebildet. Das Dokumentenlesegerät 100 kann ferner eine Auflage umfassen, auf welche das Authentifikationsdokument 101 auflegbar ist, um den Authentifizierungsvorgang zu initialisieren.

Bezugszeichenliste

[0087]

100	Dokumentenlesegerät	40
101	Authentifikationsdokument	
103	Trägerschicht	
105	Molekularschicht	
107	Kommunikationsschnittstelle	
109	Beleuchtungsvorrichtung	45
111-1	Beleuchtungslicht	
111-2	reflektiertes Beleuchtungslicht	
113	Lichtsensoren	
115	Prozessor	50
201	auslenkbare Moleküle	
300	Verfahren zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments	
301	Beaufschlagen	55
303	Durchleuchten	
305	Erfassen	
307	Authentifizieren	

400	Verfahren zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments	
401	Emittieren und Beaufschlagen	
403	erstes Absorbieren	
5 405	zweites Absorbieren	
407	Detektieren	
409	Vergleichen	
411	erfolgreiches Authentifizieren	
413	erfolgloses Authentifizieren	

Patentansprüche

1. Dokumentenlesegerät (100) für ein Authentifikationsdokument (101), wobei das Authentifikationsdokument (101) eine Trägerschicht (103) und eine auf der Trägerschicht (103) angeordnete Molekularschicht (105) aufweist, wobei das Authentifikationsdokument (101) ferner ausgebildet ist, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht (105) in einen Anregungszustand versetzt, mit:

einer Kommunikationsschnittstelle (107), welche mit dem Authentifikationsdokument (101) elektrisch verbindbar und ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument (101) mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes zu beaufschlagen;

einer Beleuchtungsvorrichtung (109), welche ausgebildet ist, die Molekularschicht (105) des Authentifikationsdokumentes (101) mit Beleuchtungslicht (111-1) zu durchleuchten, wobei das Beleuchtungslicht (111-1) ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht (111-1) an der Trägerschicht (103) reflektierbar ist;

einem Lichtsensor (113), welcher ausgebildet ist, das an der Trägerschicht (103) reflektierte Beleuchtungslicht (111-2) zu erfassen, wobei das reflektierte Beleuchtungslicht (111-2) ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet; und

einem Prozessor (115), welcher ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument (101) auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum zu authentifizieren.

2. Dokumentenlesegerät (100) nach Anspruch 1, wobei der Prozessor (115) einen Zufallsgenerator umfasst, welcher ausgebildet ist, die elektrische Spannung oder einen Spannungswert der elektrischen Spannung auf Zufallsbasis zu erzeugen.

3. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Prozessor (115) aus-

gebildet ist, auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrums ein Absorptionsspektrum der Molekularschicht (105) zu ermitteln, wobei der Prozessor (115) ausgebildet ist, das Authentifikationsdokument (101) auf der Basis des ermittelten Absorptionsspektrums zu authentifizieren.

4. Dokumentenlesegerät (100) nach Anspruch 3, wobei der Prozessor (115) ausgebildet ist, auf der Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts (111-1) und des ermittelten Absorptionsspektrums ein Erwartungsspektrum zu berechnen, wobei der Prozessor (115) ausgebildet ist, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts (111-2) mit dem Erwartungsspektrum zu vergleichen und das Authentifikationsdokument (101) zu authentifizieren, falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht. 5
5. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beleuchtungsvorrichtung (109) zumindest eine Lichtquelle, insbesondere eine LED und/oder eine Laserdiode, umfasst. 10
6. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Beleuchtungseinrichtung (109) ausgebildet ist, das Beleuchtungslicht (111-1) in einem Weißlicht-Wellenlängenbereich, einem Infrarot-Wellenlängenbereich oder einem Ultraviolett-Wellenlängenbereich zu erzeugen. 15
7. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Lichtsensor (113) zumindest eine Fotodiode oder eine Fotodiodenschicht oder eine Transistorschicht aufweist. 20
8. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Lichtsensor (113) eine Spektrometervorrichtung umfasst, welche ausgebildet ist, das zweite Lichtspektrum des reflektierten Beleuchtungslichts (111-2) zu erfassen. 25
9. Dokumentenlesegerät (100) nach Anspruch 8, wobei die Spektrometervorrichtung ein Prismen-Spektrometer, ein Gitterspektrometer, ein Fourier-Transform-Spektrometer oder ein Laser-Spektrometer umfasst. 30
10. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kommunikationsschnittstelle (107) eine Spannungsquelle, insbesondere eine Gleichspannungsquelle oder eine Wechselspannungsquelle, zum Erzeugen der elektrischen Spannung umfasst. 35
11. Dokumentenlesegerät (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Dokumentenlesege- 40

rät (100) eine Anzeige, insbesondere ein Display, umfasst, wobei die Anzeige ausgebildet ist, eine erfolgreiche oder eine fehlgeschlagene Authentifizierung des Authentifikationsdokuments (101) anzuzeigen. 5

12. Verfahren (300) zum Authentifizieren eines Authentifikationsdokuments (101), wobei das Authentifikationsdokument (101) eine Trägerschicht (103) und eine auf der Trägerschicht (103) angeordnete Molekularschicht (105) aufweist, wobei das Authentifikationsdokument (101) ferner ausgebildet ist, ansprechend auf eine elektrische Spannung ein Stimulationsfeld zu erzeugen, welches die Molekularschicht (105) in einen Anregungszustand versetzt, mit: 10

Beaufschlagen (301) des Authentifikationsdokuments (101) mit der elektrischen Spannung zum Erzeugen des Stimulationsfeldes; 15

Durchleuchten (303) der Molekularschicht (105) mit Beleuchtungslicht (111-1), wobei das Beleuchtungslicht (111-1) ein erstes Lichtspektrum aufweist, wobei das Beleuchtungslicht (111-1) an der Trägerschicht (103) reflektierbar ist; 20

Erfassen (305) des an der Trägerschicht (103) reflektierten Beleuchtungslichts (111-2), wobei das reflektierte Beleuchtungslicht (111-2) ein zweites Lichtspektrum aufweist, welches sich von dem ersten Lichtspektrum unterscheidet; und 25

Authentifizieren (307) des Authentifikationsdokuments (101) auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum. 30

13. Verfahren (300) nach Anspruch 12, wobei der Schritt (307) des Authentifizierens des Authentifikationsdokuments (101) auf der Basis eines Vergleichs des ersten Lichtspektrums mit dem zweiten Lichtspektrum die folgenden weiteren Verfahrensschritte umfasst: 35

Ermitteln eines Absorptionsspektrums der Molekularschicht (105) auf der Basis des Vergleichs des ersten Lichtspektrums und des zweiten Lichtspektrums; und 40

Authentifizieren des Authentifikationsdokuments (101) auf der Basis des Absorptionsspektrums. 45

14. Verfahren (300) nach Anspruch 13, wobei der Schritt des Authentifizierens des Authentifikationsdokuments (101) auf der Basis des Absorptionsspektrums die folgenden weiteren Verfahrensschritte umfasst: 50

Berechnen eines Erwartungsspektrums auf der 55

Basis des ersten Lichtspektrums des Beleuchtungslichts (111-1) und des ermittelten Absorptionsspektrums;

Vergleichen des zweiten Lichtspektrums des reflektierten Beleuchtungslichts (111-2) mit dem Erwartungsspektrum; und 5

Authentifizieren des Authentifikationsdokuments (101), falls das zweite Lichtspektrum dem Erwartungsspektrum entspricht.

10

15. Computerprogramm mit einem Programmcode zum Ausführen des Verfahrens (300) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wenn das Computerprogramm auf einem Prozessor (115) ausgeführt wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

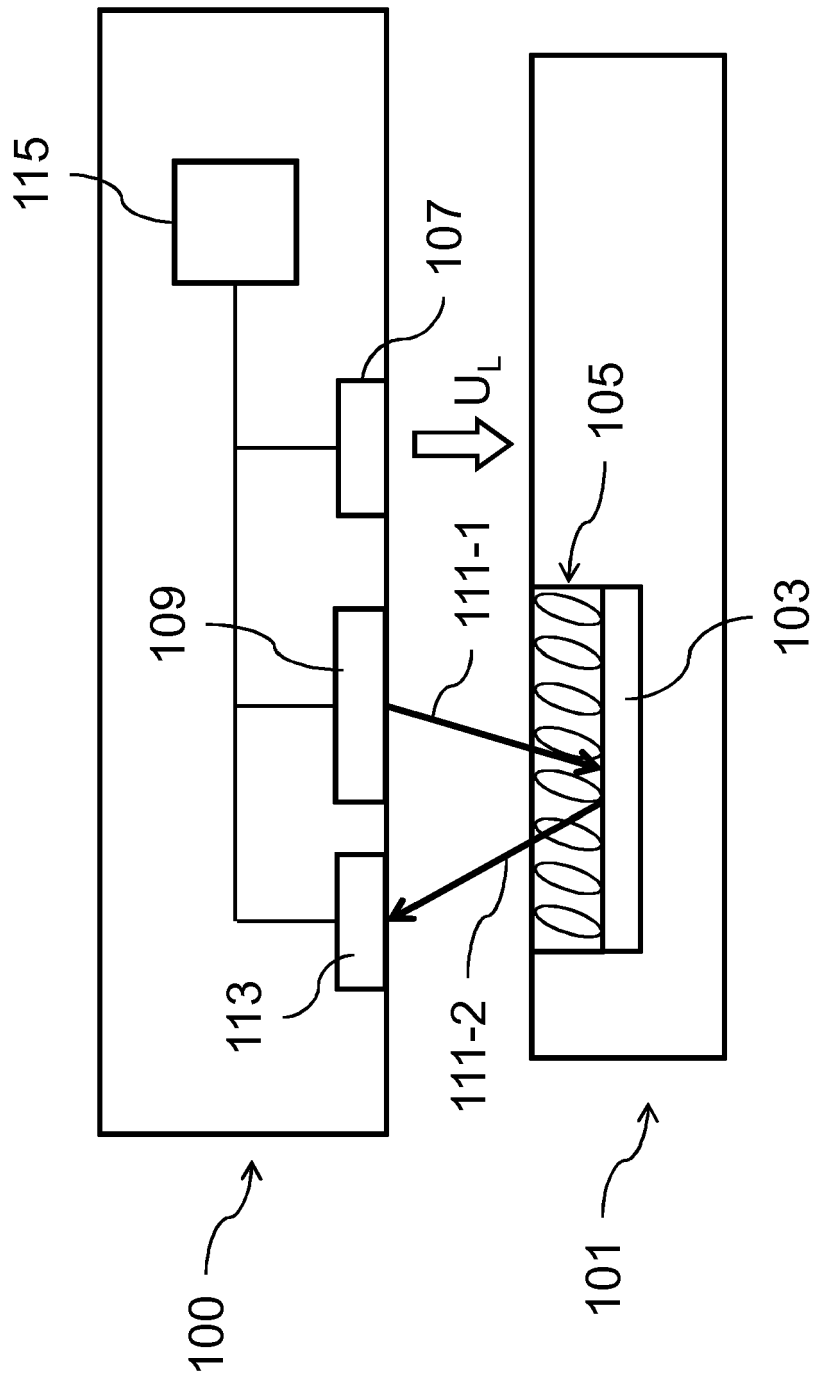


Fig. 1

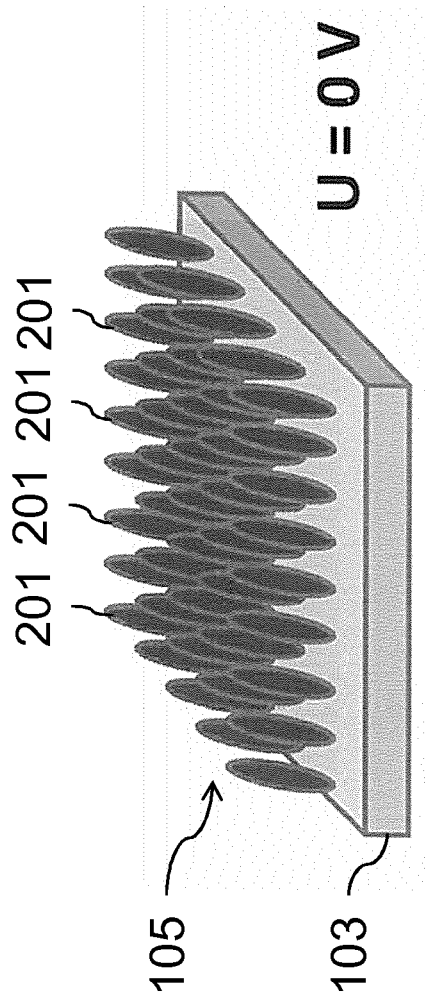


Fig. 2a

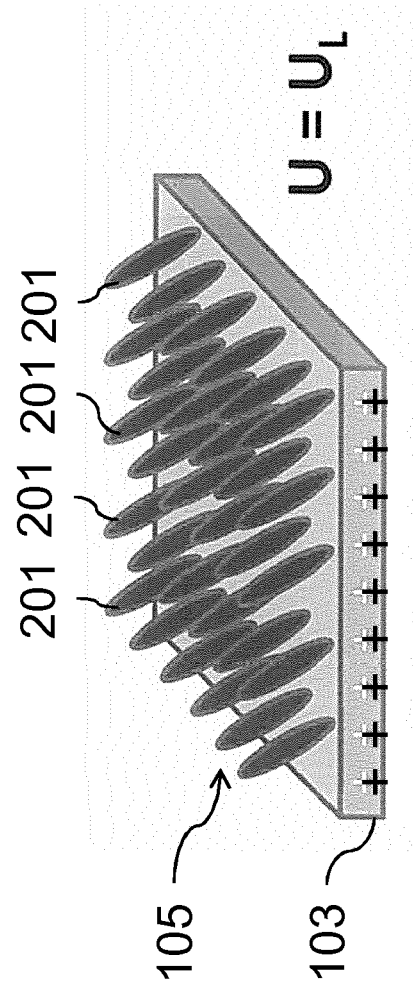


Fig. 2b

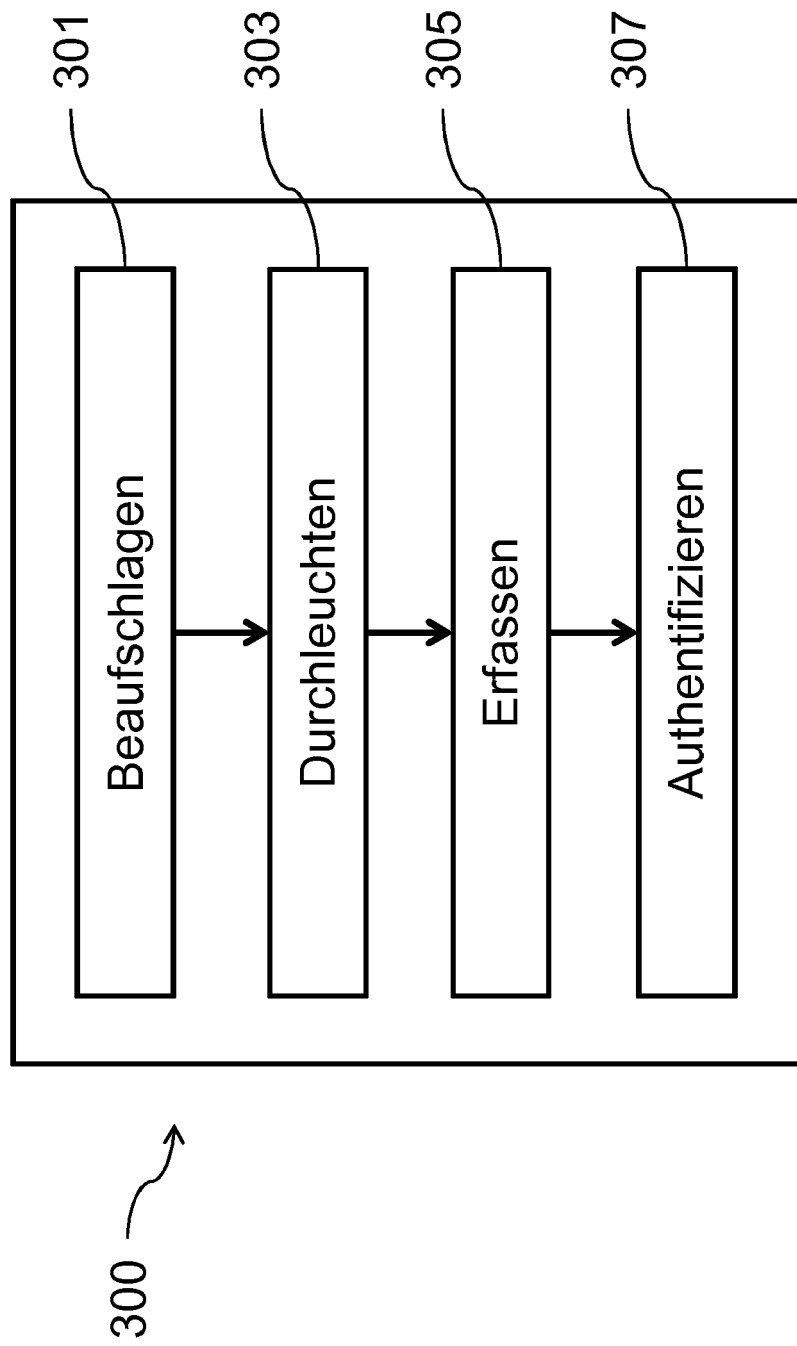


Fig. 3

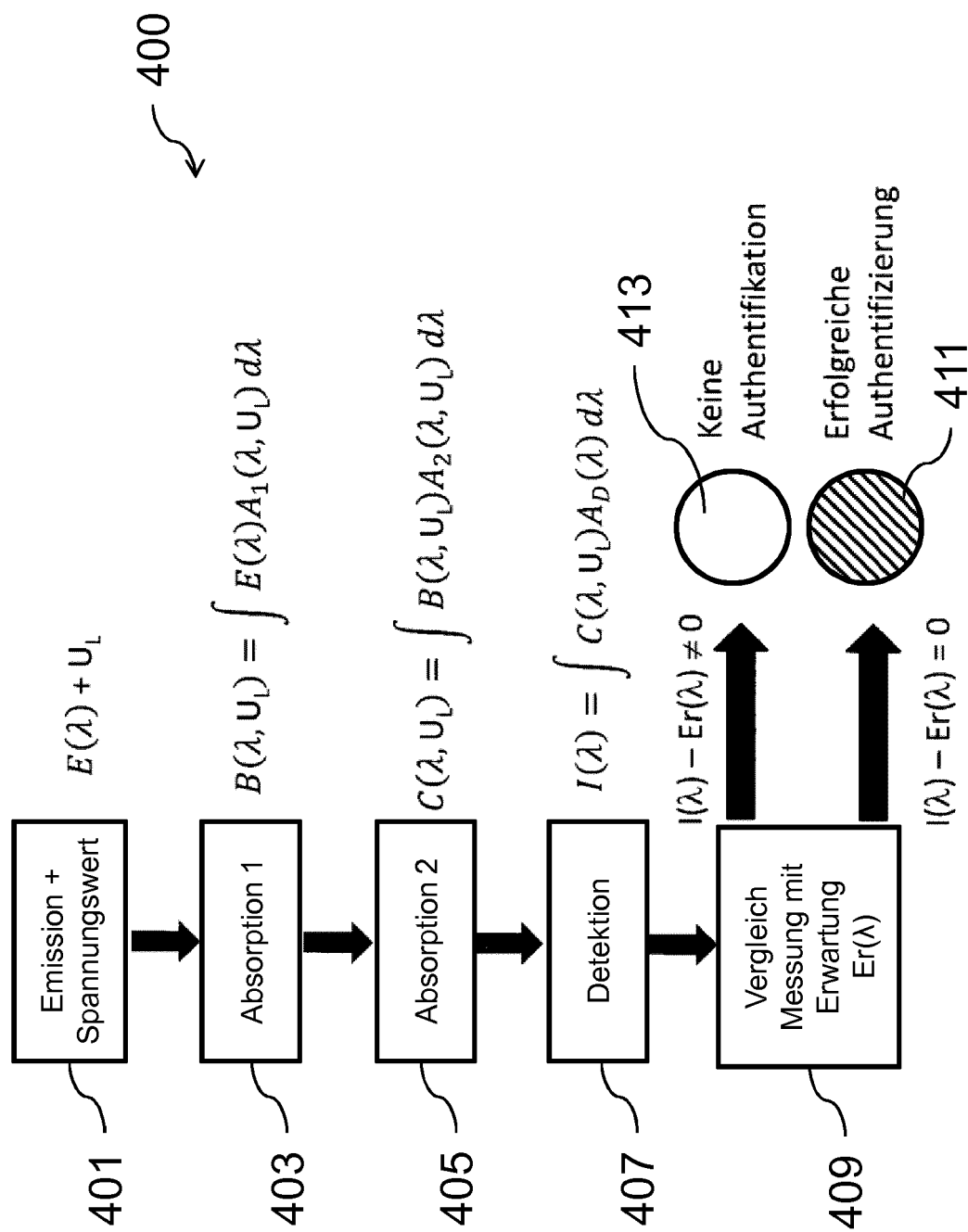


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 17 2437

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2011/130843 A1 (FORTRESS OPTICAL FEATURES LTD [CA]; MACPHERSON CHARLES DOUGLAS [US]) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) * Seite 17, Zeile 21 - Seite 18, Zeile 3 * * Seite 26, Zeile 6 - Seite 28, Zeile 16 * * Abbildungen 1-3,8-10 *	1-15	INV. G07D7/1205 G07D7/202 G07D7/02
X	WO 2015/066808 A1 (BANK OF CANADA [CA]) 14. Mai 2015 (2015-05-14) * Seite 37, Zeile 24 - Seite 38, Zeile 14 * * Seite 39, Zeile 24 - Seite 41, Zeile 22 * * Abbildungen 1-4,11 *	1-15	
A	DE 10 2013 225517 A1 (BUNDESDRUCKEREI GMBH [DE]) 11. Juni 2015 (2015-06-11) * Absatz [0091] - Absatz [0096] * * Absatz [0102] - Absatz [0106] * * Abbildungen 1-4 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G07D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 9. November 2017	Prüfer Bauer, Sebastian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 17 17 2437

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-11-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2011130843	A1	27-10-2011	CA	2796979 A1	27-10-2011
				EP	2563602 A1	06-03-2013
				US	2013114122 A1	09-05-2013
15				WO	2011130843 A1	27-10-2011

	WO 2015066808	A1	14-05-2015	AU	2014346305 A1	26-05-2016
				AU	2014346306 A1	02-06-2016
				CA	2927290 A1	14-05-2015
20				CA	2927291 A1	14-05-2015
				CA	2927292 A1	14-05-2015
				EP	3066514 A1	14-09-2016
				EP	3066516 A1	14-09-2016
				US	2016257160 A1	08-09-2016
25				US	2016258114 A1	08-09-2016
				US	2016280000 A1	29-09-2016
				WO	2015066808 A1	14-05-2015
				WO	2015066809 A1	14-05-2015
				WO	2015066810 A1	14-05-2015

30	DE 102013225517	A1	11-06-2015	DE	102013225517 A1	11-06-2015
				EP	3079917 A1	19-10-2016
				WO	2015086712 A1	18-06-2015

35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **LAHANN ; JOERG et al.** A reversibly switching surface. *Science*, 2003, vol. 299 (5605), 371-374 **[0069]**