



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.01.2011 Patentblatt 2011/04

(51) Int Cl.:
G07D 7/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10011626.8**

(22) Anmeldetag: **19.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **22.07.2004 DE 102004035494**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
05770995.8 / 1 784 795

(71) Anmelder: **Giesecke & Devrient GmbH**
81677 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Deckenbach, Wolfgang**
83135 Schechen (DE)

- **Giering, Thomas, Dr.**
85614 Kirchseeon (DE)
- **Bloß, Michael**
81241 München (DE)
- **Clara, Martin, Dr.**
80801 München (DE)
- **Ehrl, Hans-Peter**
82515 Wolfratshausen (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 29-09-2010 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Prüfung von Wertdokumenten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Prüfung von lumineszierenden Wertdokumenten (BN), insbesondere Banknoten, mit einem Lumineszenzsensor (12), wobei das zu prüfende Wertdokument zur Anregung von Lumineszenzstrahlung bestrahlt und die vom Wertdokument ausgehende Lumineszenzstrahlung spektral aufgelöst erfaßt wird.

Indem das in Transportrichtung (T) am Lumineszenzsensor (12) vorbeitransportierte zu prüfende Wertdokument (BN) mit einer Beleuchtungsfläche (35) beleuchtet wird, die sich in Transportrichtung (T) erstreckt, ist eine effektive Messung auch von Wertdokumenten möglich, die nur sehr wenig Lumineszenzstrahlung emittieren.

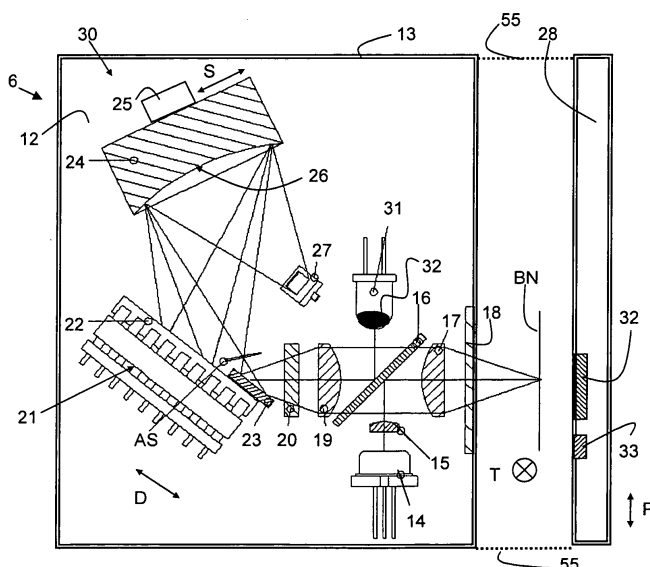


FIG 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Prüfung insbesondere von lumineszierenden Wertdokumenten, wobei das Wertdokument mit Licht bestrahlt und die vom Wertdokument ausgehende Lumineszenzstrahlung spektral aufgelöst erfaßt wird.

[0002] Solche lumineszierende Wertdokumente können z.B. Banknoten, Schecks, Coupons oder Chipkarten sein. Obwohl nicht darauf beschränkt, beschäftigt sich die vorliegende Erfindung vor allem mit der Prüfung von Banknoten. Diese enthalten typischerweise im Papier oder in der Druckfarbe einen Merkmalsstoff oder eine Mischung von mehreren Merkmalsstoffen, die ein Lumineszenzverhalten zeigen, wie z.B. fluoreszieren oder phosphoreszieren.

[0003] Es gibt eine Reihe von bekannten Systemen zur Echtheitsprüfung solcher Wertdokumente. Ein System ist beispielsweise aus der DE 23 66 274 C2 bekannt. Bei diesem System wird zur Prüfung der Echtheit einer Banknote, d. h. im speziellen der Prüfung, ob ein fluoreszierender Merkmalsstoff tatsächlich in einer zu prüfenden Banknote vorhanden ist, diese schräg bestrahlt und die senkrecht remittierte Fluoreszenzstrahlung mit Hilfe eines Interferenzfilters spektral aufgelöst erfaßt. Die Auswertung erfolgt durch einen Vergleich der Signale von unterschiedlichen Photozellen des Spektrometers.

[0004] Dieses System arbeitet in den meisten Fällen sehr zuverlässig. Allerdings besteht Bedarf nach einem Lumineszenzsensor, der noch kompakter konstruiert und auch bei sehr geringen Intensitäten der zu erfassenden Lumineszenzstrahlung noch ausreichend zuverlässig prüfen kann.

[0005] Davon ausgehend ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Prüfung von lumineszierenden Wertdokumenten bereitzustellen, welche eine sichere Prüfung mit einem kompakten Lumineszenzsensor ermöglichen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche und die nachfolgende Beschreibung erläutern bevorzugte Ausgestaltungen.

[0007] Indem das in eine Transportrichtung am Lumineszenzsensor vorbeitransportierte zu prüfende Wertdokument mit einer Beleuchtungsfläche beleuchtet wird, die sich in die Transportrichtung erstreckt, ist eine effektive Messung auch von Wertdokumenten möglich, die nur sehr wenig Lumineszenzstrahlung emittieren. Dadurch wird insbesondere die Messung von Phosphoreszenzstrahlung wesentlich verbessert.

[0008] Es sei besonders betont, daß die Merkmale der abhängigen Ansprüche und der in der nachstehenden Beschreibung genannten Ausführungsbeispiele in Kombination oder auch unabhängig voneinander und vom Gegenstand der Hauptansprüche, d.h. z.B. auch bei Vorrichtungen, die keine in Transportrichtung sich erstreckende Beleuchtungsfläche erzeugen oder eine Messung

von anderer Strahlung als Lumineszenzstrahlung durchführen, vorteilhaft verwendet werden können.

[0009] Weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen exemplarisch näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Banknotensortiervorrichtung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht von der Seite auf das Innere eines erfindungsgemäßen Lumineszenzsensors, der in der Banknotensortier- vorrichtung nach Fig.1 eingesetzt werden kann;

Fig. 3 Bauteile des Lumineszenzsensors der Fig. 2 in Aufsicht;

Fig. 4 eine schematische Ansicht von der Seite auf das Innere eines alternativen erfindungsgemäßen Lumineszenzsensors, der in der Banknotensortier- vorrichtung nach Fig. 1 eingesetzt werden kann;

Fig. 5 eine schematische Ansicht einer Banknote zur Erläuterung der Verwendung des Lumineszenzsensors der Fig. 2 und 3;

Fig. 6 eine Ansicht von oben auf ein Beispiel einer Detektorzeile zur Verwendung im Lumineszenzsensor der Fig. 2;

Fig. 7 eine Ansicht von oben auf ein weiteres Beispiel einer Detektorzeile zur Verwendung im Lumineszenzsensor der Fig. 2;

Fig. 8 eine Querschnittsansicht entlang der Linie I-I in Fig. 7;

Fig. 9 eine schematische Darstellung zur Auslesung der Daten aus einer Detektorzeile des Lumineszenzsensors der Fig. 2 oder Fig. 4;

Fig. 10 eine schematische Ansicht von der Seite auf das Innere eines alternativen erfindungsgemäßen Lumineszenzsensors;

Fig.11 eine schematische Ansicht auf einen erfindungsgemäßen Lumineszenzsensor mit externer Lichtquelle;

Fig.12 eine schematische Ansicht auf einen Teil eines weiteren erfindungsgemäßen Lumineszenzsensors und

Fig. 13 eine schematische Ansicht auf einen Detektorteil noch eines weiteren erfindungsgemäßen Lumineszenzsensors.

[0010] Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen können in allen Arten von Vorrichtungen verwendet werden, in denen optische Strahlung, insbesondere Lumineszenzstrahlung geprüft wird. Obwohl nicht darauf beschränkt, wird im folgenden als bevorzugte Variante die Prüfung von Banknoten in Banknotenbearbeitungsvorrichtungen beschrieben, die beispielsweise zum Zählen und/oder Sortieren und/oder Einzahlen und/oder Auszahlen von Banknoten dienen können.

[0011] In der Fig.1 ist in exemplarischer Weise eine solche Banknotensortiervorrichtung 1 abgebildet. Die Banknotensortiervorrichtung 1 weist dabei in einem Gehäuse 2 ein Eingabefach 3 für Banknoten BN auf, in das zu bearbeitende Banknoten BN entweder manuell von außen eingegeben oder Banknotenbündel automatisch, gegebenenfalls nach einer vorhergehenden Entbänderolierung zugeführt werden können. Die in das Eingabefach 3 eingegebenen Banknoten BN werden durch einen Vereinzelner 4 vom Stapel vereinzelt abgezogen und mittels einer Transporteinrichtung 5 durch eine Sensoreinrichtung 6 hindurchtransportiert. Die Sensoreinrichtung 6 kann dabei eine oder mehrere in einem gemeinsamen Gehäuse integrierte oder in separaten Gehäusen angebrachte Sensormodule aufweisen. Die Sensormodule können dabei z.B. zur Prüfung der Echtheit und/ oder des Zustands und/ oder des Nennwerts der geprüften Banknoten BN dienen. Nach Durchlauf durch die Sensoreinrichtung 6 werden die geprüften Banknoten BN dann in Abhängigkeit von den Prüfergebnissen der Sensoreinrichtung 6 und von vorgegebenen Sortierkriterien über Weichen 7 und zugehörige Spiralfachstapler 8 in Ausgabefächer 9 sortiert ausgegeben, aus denen sie gegebenenfalls nach vorheriger Bänderolierung bzw. Verpackung entweder manuell entnommen oder automatisch abtransportiert werden können. Es kann auch ein Schredder 10 vorgesehen sein, um als echt und nicht mehr umlauffähig klassifizierte Banknoten BN zu zerstören. Die Steuerung der Banknotensortiervorrichtung 1 erfolgt dabei mittels einer EDV-unterstützten Steuerungseinheit 11.

[0012] Wie bereits erwähnt wurde, kann die Sensoreinrichtung 6 unterschiedliche Sensormodule aufweisen. Ausgezeichnet ist die Sensoreinrichtung 6 dabei insbesondere durch ein Sensormodul 12 zur Prüfung von Lumineszenzstrahlung, das nachfolgend kurz Lumineszenzsensor 12 genannt wird. Fig. 2 veranschaulicht in einer schematischen Querschnittsansicht den inneren Aufbau und die Anordnung der optischen Komponenten eines besonders kompakt ausgestalteten Lumineszenzsensors 12 nach einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Fig. 3 zeigt zudem in Aufsicht von oben einen Teil dieser im Innern des Lumineszenzsensors 12 befindlichen Komponenten. Dieser Lumineszenzsensor 12 ist besonders kompakt und im Hinblick auf hohe Signal/Rausch-Verhältnisse hin optimiert gestaltet.

[0013] Der Lumineszenzsensor 12 weist im speziellen in einem gemeinsamen Gehäuse 13 sowohl eine oder

mehrere Lichtquellen 14 zur Anregung von Lumineszenzstrahlung, als auch einen Detektor 30, bevorzugt ein Spektrometer 30 zur spektral zerlegten Erfassung des Lumineszenzlichts auf. Das Gehäuse 13 ist so verschlossen, daß ein unerlaubter Zugriff auf die darin enthaltenen Komponenten nicht ohne Beschädigung des Gehäuses 13 möglich ist.

[0014] Die Lichtquelle 14 kann z. B. eine LED, vorzugsweise aber eine Laserlichtquelle wie eine Laserdiode 14 sein. Die Laserdiode 14 kann eine oder mehrere unterschiedliche Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche emittieren. Wird mit mehreren unterschiedlichen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen gearbeitet, kann auch vorgesehen sein, daß es im selben Lichtquellengehäuse oder in separaten Lichtquellengehäusen, d.h. separaten Lichtquellenmodulen, mehrere Lichtquellen 14 für unterschiedliche Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche gibt, die z.B. nebeneinander angeordnet sind und vorzugsweise paralleles Licht ausstrahlen, das auf die gleiche Stelle oder benachbarte Stellen der Banknote BN projiziert werden kann.

[0015] Sofern die Lichtquellen 14 Licht mehrere unterschiedliche Wellenlängen oder Wellenlängenbereiche emittieren können, kann vorgesehen sein, daß die einzelnen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche selektiv aktivierbar sind.

[0016] Eine weitere Variante wird nachfolgend anhand von Fig. 4 beschrieben werden.

[0017] Das von der Laserdiode 14 ausgehende Licht wird mittels einer Abbildungsoptik 15, 16, 17 auf eine zu prüfende Banknote gestrahlt. Die Abbildungsoptik umfaßt eine Kollimatorlinse 15, einen Umlenkspiegel als Strahlteiler 16, insbesondere einen dichroitischen Strahlteiler 16, der den von der Laserdiode 14 ausgehenden und durch die Kollimatorlinse 15 geformten Laserstrahl um 90° umlenkt, sowie eine Kondensorlinse 17 mit großem Öffnungswinkel, welche den umgelenkten Laserstrahl durch ein Frontglas 18 vorzugsweise senkrecht auf die mittels des Transportsystems 5 in Richtung T vorbeitransportierte zu prüfende Banknote BN abbildet und damit die Banknote BN zur Emission von Lumineszenzstrahlung anregt.

[0018] Mit Hilfe des Spektrometers 30 wird dann die von der beleuchteten Banknote BN ausgehende Lumineszenzstrahlung vorzugsweise ebenfalls in senkrechter Richtung, d.h. koaxial zum Anregungslicht erfaßt. Dies führt zu einer geringeren Störempfindlichkeit durch Lagetoleranzen der vorbeitransportierten Banknoten BN auf die Messungen als bei der schrägen Beleuchtung z.B. nach DE 23 66 274 C2.

[0019] Die Optik zur Abbildung der Lumineszenzstrahlung auf eine photosensitive Detektoreinheit 21 umfaßt dabei ebenfalls das Frontglas 18, die Kondensorlinse 17 und den für die zu messende Lumineszenzstrahlung zumindest teilweise transparenten Spiegel 16. Zudem weist die Optik nachfolgend eine weitere Kondensorlinse 19 mit großer Öffnung, ein anschließendes Filter 20, das zur Blockierung der Beleuchtungswellenlänge der Licht-

quelle 14 und anderer nicht zu messender Wellenlängen ausgelegt ist, und einen Umlenkspiegel 23 auf. Der Umlenkspiegel 23 dient einer Faltung des Strahlengangs und einer Umlenkung der zu messenden Lumineszenzstrahlung hin auf ein abbildendes Gitter 24 oder eine andere Einrichtung zur Spektralzerlegung 24. Der Umlenkspiegel wird für einen möglichst kompakten Aufbau vorteilhaft parallel oder nahezu parallel zur Bildebene des Spektrometers angebracht (Winkel < 15 Grad). Das abbildende Gitter 24 weist dabei ein wellenlängendispergierendes Element mit Hohlspiegel 26 auf, das vorzugsweise die Lumineszenzstrahlung erster Ordnung oder minus erster Ordnung auf die Detektoreinheit 21 hin abbildet. Es können allerdings auch höhere Ordnungen abgebildet werden. Die Detektoreinheit 21 weist bevorzugt eine Detektorzeile 22 aus mehreren in Reihe angeordneten photosensitiven Pixeln, d.h. Bildpunkten, aufweist, wie sie z. B. in Bezug auf die Figuren 6 oder 7 nachfolgend exemplarisch beschrieben werden.

[0020] Der Eintrittsspalt des Spektrometers 30 ist dabei in der Fig. 2 durch das Bezugszeichen AS gekennzeichnet. Der Eintrittsspalt AS kann im Gehäuse 13 in Form einer Blende AS im Strahlengang vorhanden sein. Allerdings ist auch möglich, das an dieser Stelle keine Blende vorhanden ist, sondern nur ein "virtueller" Eintrittsspalt AS vorliegt, der durch die Beleuchtungsspur der Lichtquelle 14 auf der Banknote BN gegeben ist. Die letztgenannte Variante führt zu höheren Lichtintensitäten, kann aber auch zu einer unerwünschten größeren Empfindlichkeit gegen Umlicht bzw. Streulicht führen.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung wird der Umlenkspiegel 23 in Bezug auf das abbildende Gitter 24 so positioniert, daß der Eintrittsspalt AS auf den Bereich des Umlenkspiegels 23 fällt. Da hierdurch der Strahlquerschnitt der umzulenkenden Strahlung auf dem Umlenkspiegel 23 besonders klein ausfällt, kann auch der Umlenkspiegel 23 selbst besonders kleine Abmessungen haben. Ist der Umlenkspiegel 23 ein Bestandteil der Detektoreinheit 21, kann der Umlenkspiegel 23 hierdurch nicht nur gemäß Figur 2 oberhalb, sondern auch neben die photosensitiven Bereiche der Detektoreinheit 21 angebracht werden.

[0022] Eine besondere Idee der vorliegenden Erfindung ist es, daß die Lichtquelle 14 zur Anregung von Lumineszenzstrahlung eine längliche sich in Transportrichtung T erstreckende Beleuchtungsfläche 35 auf der zu prüfenden Banknote BN erzeugt.

[0023] Diese Variante hat den Vorteil, daß die in den Banknoten BN meist nur in sehr geringen Konzentrationen vorhandenen lumineszierenden, insbesondere phosphoreszierenden Merkmalsstoffe durch die sich in Transportrichtung T erstreckende Beleuchtungsfläche beim Vorbeitransport am Lumineszenzsensor 12 länger aufgepumpt werden und dadurch insbesondere die Strahlungsintensität der nachleuchtenden phosphoreszierenden Merkmalsstoffe erhöht wird.

[0024] Fig. 5 veranschaulicht eine zugehörige Momentaufnahme. Unter einer länglichen sich in Transpor-

trichtung T erstreckenden Beleuchtungsfläche 35 kann verstanden werden, daß die Beleuchtungsstrahlung zu einem gegebenen Zeitpunkt eine beliebig geformte Fläche, insbesondere eine rechteckige Spur auf der Banknote bestrahlt, die in Transportrichtung T signifikant größer ist als senkrecht zur Transportrichtung T. Vorzugsweise wird die Ausdehnung der Beleuchtungsfläche 35 in Transportrichtung T zumindest doppelt, besonders bevorzugt zumindest dreimal, viermal oder fünfmal so lang wie die Ausdehnung senkrecht zur Transportrichtung T sein.

[0025] In Fig. 5 ist mit einer anderen Schraffur ebenfalls die Bildfläche 36, d.h. die Eintrittsluke 36 des Spektrometers 30 veranschaulicht, d. h. derjenige Bereich der Banknote BN, der zu dem gegebenen Zeitpunkt entsprechend der Abmessungen des Eintrittsspalts AS auf das Spektrometer 30 abgebildet wird. Es ist zu erkennen, daß die Länge und Breite der Eintrittsluke 36 des Spektrometers 30 vorzugsweise kleiner als die entsprechenden Abmessungen der Beleuchtungsfläche 35 der Laserdioden 14 sind. Dies erlaubt größere Justagetoleranzen für die einzelnen Sensorkomponenten.

[0026] Ferner ist in der Momentaufnahme der Fig. 5 der Fall dargestellt, daß sich die Beleuchtungsfläche 35 im Vergleich zur Bildfläche 36 wesentlich weiter in Transportrichtung T als gegen die Transportrichtung T erstreckt. Dies ist zur Ausnutzung des erhöhten Aufpump-effekts besonders von Vorteil. Alternativ kann allerdings auch vorgesehen sein, die Beleuchtungsfläche 35 und die Bildfläche 36 nur teilweise in Transportrichtung T überlappen. Wenn die Bildfläche 36 aber symmetrisch, d.h. mittig in der Beleuchtungsfläche 35 angeordnet ist, kann der Lumineszenzsensor 6 sowohl in Vorrichtungen 1, in den die Banknoten BN in der dargestellten Transportrichtung T transportiert werden, als auch in Vorrichtungen 1 eingesetzt werden, in denen die Banknoten BN in gegenläufige Richtung -T transportiert werden.

[0027] Gemäß einer weiteren besonderen Idee der vorliegenden Erfindung werden unterschiedliche Detektoreinheiten 21, 27 zur Erfassung der Lumineszenzstrahlung, insbesondere der von der Einrichtung zur Spektralzerlegung 24, d. h. z. B. dem abbildenden Gitter 24 ausgehenden Lumineszenzstrahlung eingesetzt. So kann auf oder vor der weiteren Detektoreinheit 27 z. B. ein Filter vorgesehen sein, um nur in einem oder mehreren gegebenen Wellenlängen bzw. -bereichen zu messen, wobei die meßbaren Spektralbereiche der unterschiedlichen Detektoreinheiten 21, 27 sich bevorzugt unterscheiden und z.B. nur teilweise oder nicht überlappen. Es sei betont, daß auch mehrere weitere Detektoreinheiten 27 vorhanden sein können, die in unterschiedlichen Wellenlängen bzw. -bereichen messen. Die mehreren weiteren Detektoreinheiten 27 können räumlich voneinander beabstandet oder auch in einer Sandwich-Struktur vorliegen, wie es in der DE 1 0127 837 A1 exemplarisch beschrieben ist.

[0028] Während die eine Detektoreinheit 21, d. h. im speziellen die Detektorzeile 22 zur spektralaufgelösten

Messung der Lumineszenzstrahlung der Banknote BN ausgelegt ist, kann mittels der zumindest einen weiteren Detektoreinheit 27 somit zumindest eine andere Messung der Lumineszenzstrahlung, wie zusätzlich oder alternativ auch eine Messung der breitbandigen nicht spektral aufgelösten nullten Ordnung des Spektrometers 30 und/oder des Abklingverhaltens der Lumineszenzstrahlung durchgeführt werden.

[0029] Weiterhin kann die weitere Detektoreinheit 27 auch ausgelegt sein, um eine andere optische Eigenschaft des zumindest einen Merkmalsstoffs der Banknote BN zu prüfen. Dies kann z.B. durch die genannten Messungen bei anderen Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen erfolgen. Vorzugsweise kann die weitere Detektoreinheit 27 auch ausgelegt sein, um einen anderen Merkmalsstoff der Banknote BN zu prüfen. So kann z. B. die Detektorzeile 22 zur Messung der optischen Eigenschaften eines ersten Merkmalsstoffs der Banknote BN und die weitere Detektoreinheit 27 zur Messung eines anderen Merkmalsstoffs der Banknote BN, insbesondere auch in einem anderen Spektralbereich als die Detektorzeile 22, ausgelegt sein. Die Detektoren 22, 27 werden bevorzugt Filter aufweisen, um unerwünschtes Streulicht oder Licht höherer Ordnung bei der Messung zu unterdrücken.

[0030] Wie in der Aufsicht der Fig. 3 zu erkennen ist, kann diese weitere Detektoreinheit 27 insbesondere dann, wenn sie zur Messung der nullten Ordnung des Spektrometers 30 ausgelegt ist, verkippt in Bezug auf das abbildende Gitter 24 und die Detektorzeile 22 angeordnet sein, um eine störende Zurückreflektion auf den Hohlspiegel 26 zu vermeiden. In diesem Fall kann zusätzlich eine Strahlung absorbierende Lichtfalle, wie z.B. eine schwarz gefärbte Fläche am Ende des Strahlengangs der von der weiteren Detektoreinheit 27 ausgehenden Strahlung vorhanden sein.

[0031] Zur Kalibrierung und Funktionsprüfung des Lumineszenzensors 12 kann ferner eine Referenzprobe 32 mit einem oder mehreren lumineszierenden Merkmalsstoffen vorgesehen sein, die eine identisch oder abweichende chemische Zusammensetzung wie die zu prüfenden lumineszierenden Merkmalsstoffe in den Banknoten BN haben können. Wie in der Fig. 2 dargestellt ist, kann diese Referenzprobe 32 im Gehäuse 13 selbst integriert und z.B. als Folie 32 auf einer weiteren Lichtquelle (LED 31) aufgebracht sein, die gegenüberliegend zur Laserdiode 14 in Bezug auf den Strahlteiler 16 angeordnet ist. Die Referenzprobe 32 kann statt dessen z.B. auch ein separates Bauteil zwischen LED 31 und Winkelspiegel 16 sein. Zur Kalibrierung z.B. in den Pausen zwischen zwei Banknoten-Meßzyklen des Lumineszenzensors 12 kann die Referenzprobe 32 dann durch Bestrahlen mittels der LED 31 zu einer definierten Lumineszenzstrahlung angeregt werden, die durch parasitäre Reflexion an dem dichroitischen Strahlteiler 16 auf die Detektorzeile 22 abgebildet und ausgewertet wird.

[0032] Zur Intensitätseichnung des Spektrometers 30

können die lumineszierenden Merkmalsstoffe der Referenzprobe 32 dabei vorzugsweise breitbandig, z.B. über den gesamten vom Spektrometer 30 erfaßbaren Spektralbereich emittieren. Allerdings können die lumineszierenden Merkmalsstoffe der Referenzprobe 32 alternativ oder zusätzlich auch eine bestimmte charakteristische spektrale Signatur mit schmalbandigen Peaks emittieren, um eine Wellenlängeneichnung durchzuführen. Es ist allerdings auch möglich, daß zur Justage des Spektrometers 30 nur die weitere Lichtquelle 31 ohne Referenzprobe 32 eingesetzt wird.

[0033] Alternativ oder zusätzlich kann die Referenzprobe 32 deshalb auch außerhalb des Gehäuses 13, insbesondere auf der in Bezug zu der zu messenden Banknote BN gegenüberliegenden Seite angebracht und z.B. in einem Gegenelement, wie einer Platte 28 integriert sein.

[0034] Außerhalb des Gehäuses 13 kann auch eine zusätzliche Detektoreinheit 33 als separates Bauteil oder in der Platte 28 integriert vorhanden sein. Die zusätzliche Detektoreinheit 33 kann z.B. eine oder mehrere Photzellen zur Messung der durch das Frontglas 18 und gegebenenfalls durch die Banknote BN hindurchgetretenen Strahlung der Laserdiode 14 und/oder der Lumineszenzstrahlung der Banknote BN sein. In diesem Fall kann die Platte 28 in einer Führung in Richtung P verschiebbar gelagert sein, so daß wahlweise entweder die Referenzprobe 32 oder die Photozelle 33 in Ausrichtung mit der Beleuchtungsstrahlung der Laserdiode 14 gebracht werden kann.

[0035] Die Platte 28 wird vorzugsweise über ein punktiert gezeichnetes Verbindungselement 55, das außerhalb der Transportebene der Banknoten BN liegt, mit dem Gehäuse 13 verbunden sein. In einer in Fig.2 waagerecht verlaufenden Querschnittsebene liegt dann eine in etwa U-förmige Gestalt von Gehäuse 13, Verbindungsfläche 55 und Platte 28 vor. Diese Anbringung der Platte 28, auch in einer alternativen Variante ohne Referenzprobe 32 und Photozelle 33, hat den Vorteil, daß ein Lichtschutz gegen unerwünschtes Austreten der Laserstrahlung der Laserdiode 14 gegeben ist. Wenn die Platte 28 zu Wartungszwecken oder zur Staubeseitigung lösbar an dem Gehäuse 13 befestigt ist, kann vorgesehen sein, daß bei gelöster oder entfernter Platte 28 die Laserdiode 14 deaktiviert wird.

[0036] Figur 4 zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines alternativen und sehr kompakten Lumineszenzensors 6, der in der Banknotensortiervorrichtung nach Fig.1 eingesetzt werden kann. Gleiche Bauteile sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Fig. 2 gekennzeichnet.

[0037] Die Anordnung der optischen Komponenten im Lumineszenzsensor 6 nach Fig. 4 unterscheidet sich von dem Lumineszenzsensor 6 nach Fig. 2 insbesondere dadurch, daß auf den Umlenkspiegel 23 verzichtet werden kann. Es sei angemerkt, daß der Lumineszenzsensor 6 nach Fig. 4 auch keine weiteren Detektoreinheiten 31, 33 aufweist, obwohl dies auch möglich wäre. Durch den

dichroitischen Strahlteiler 16 wird dabei nicht die Beleuchtungsstrahlung, sondern die Lumineszenzstrahlung gespiegelt umgelenkt.

[0038] Weiterhin weist die Lichtquelle 14 zwei senkrecht zueinander angeordnete Laserdioden 51, 52 auf, die bei unterschiedlichen Wellenlängen emittieren, wobei die Strahlung der einzelnen Laserdioden 51, 52 z.B. durch einen weiteren dichroitischen Strahlteiler 53 eingekoppelt werden kann, so daß die gleiche Beleuchtungsfläche 35 oder überlappende oder beabstandete Beleuchtungsflächen 35 auf der Banknote BN bestrahlt werden können. Vorzugsweise kann je nach zu prüfender Banknote wahlweise entweder die eine oder die andere Laserdiode 51, 52 oder beide Laserdioden 51, 52 zugleich oder alternierend zur Strahlungsemission aktiviert werden.

[0039] Die in einem Aufriß erkennbaren photosensitiven Detektorelemente, d.h. die Detektorzeile 22 ist asymmetrisch auf dem Träger angebracht, wie es in Bezug auf Figur 7 noch näher erläutert wird.

[0040] Überdies weist der Lumineszenzsensor 6 vorzugsweise im Gehäuse 13 selbst eine Steuerungseinheit 50 auf, die zur Signalverarbeitung der Meßwerte des Spektrometers 30 und/oder zur Leistungssteuerung der einzelnen Komponenten des Lumineszenzsensors 6 dient.

[0041] Anhand der Fig. 6 und 7 werden nun zwei unterschiedliche Varianten der im Lumineszenzsensor 12 verwendbaren Detektorzeilen 22 beschrieben. Fig. 6 zeigt dabei ausschnittsweise eine konventionelle Detektorzeile 22, die üblicherweise mehr als 100 nebeneinander angeordnete photosensitive Bildelemente, kurz Pixel 40 genannt, aufweist (von denen in der Fig. 6 nur die ersten sieben linken Pixel 40 abgebildet sind), welche gleich groß und mit einem Abstand voneinander auf oder in einem Substrat 41 angebracht sind, der in etwa der Breite der Pixel 40 entspricht.

[0042] Im Unterschied dazu wird vorzugsweise allerdings eine modifizierte Detektorzeile 22 verwendet mit einer deutlich geringeren Anzahl von Pixeln 40, mit größerer Pixelfläche und verkleinertem Anteil von nicht-photosensitiven Bereichen, wie es exemplarisch in der Fig. 7 veranschaulicht ist. Eine solche modifizierte Detektorzeile 22 hat den Vorteil, ein deutlich größeres Signal/Rausch-Verhältnis als die konventionelle Detektorzeile 22 der Fig. 6 aufzuweisen. Vorzugsweise werden die modifizierten Detektorzeilen 22 so konstruiert, daß sie lediglich zwischen 10 und 32, besonders bevorzugt zwischen 10 und 20 einzelne Pixel 40 in oder auf einem Substrat 41 aufweisen. Die einzelnen Pixel 40 können Abmessungen von zumindest 0,5 mm x 0,5 mm, vorzugsweise von 0,5 mm x 1 mm, besonders bevorzugt von 1 mm x 1 mm haben. Nach der Ausgestaltung der Fig. 7 hat die Detektorzeile 22 exemplarisch zwölf Pixel 40 einer Höhe von 2 mm und eine Breite von 1 mm, wobei der nicht-photosensitive Bereich 41 zwischen benachbarten Pixeln 40 eine Ausdehnung von etwa 50 µm hat.

[0043] Weiterhin kann auch vorgesehen sein, daß ein-

zelne Pixel 40 unterschiedliche Abmessungen, insbesondere in Dispersionsrichtung der zu messenden Lumineszenzstrahlung haben, wie es in der Fig. 7 dargestellt ist. Da üblicherweise nicht alle Wellenlängen des Spektrums, sondern gezielt nur einzelne Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche ausgewertet werden, können die Pixel 40 auf die jeweils auszuwertenden Wellenlängen(bereiche) angepaßt konstruiert werden.

[0044] Je nach spektral zu erfassendem Wellenlängenbereich kann die Detektorzeile 22 in den genannten Fällen aus einem unterschiedlichen Material bestehen. Für Lumineszenzmessungen im ultravioletten oder sichtbaren Spektralbereich sind Detektoren aus Silizium, die unterhalb von etwa 1100 nm empfindlich sind und zur Messung im infraroten Spektralbereich Detektorzeile 22 aus InGaAs besonders geeignet, die oberhalb von 900 nm empfindlich sind. Vorzugsweise wird eine derartige InGaAs-Detektorzeile 22 direkt auf einem Siliziumsubstrat 42 aufgebracht sein, das besonders bevorzugt eine in Siliziumtechnik hergestellte Verstärkerstufe zur Verstärkung der analogen Signale der Pixel 40 der InGaAs-Detektorzeile 22 aufweist. Hierdurch ist ebenfalls ein besonders kompakter Aufbau mit kurzen Signalwegen und erhöhtem Signal/ Rausch-Verhältnis gegeben.

[0045] Durch die Detektorzeile 22 mit wenigen Pixeln 40 (z.B. nach Fig. 7) wird dabei vorzugsweise nur ein relativ geringer Spektralbereich von weniger als 500 nm, besonders bevorzugt von weniger als oder von etwa 300 nm erfaßt. Es kann auch vorgesehen sein, daß die Detektorzeile 22 zumindest ein Pixel 40 aufweist, das außerhalb des zu messenden Lumineszenzspektrums der Banknoten BN photosensitiv ist, um Normierungen wie eine Basislinienfindung bei der Auswertung des gemessenen Lumineszenzspektrums durchzuführen.

[0046] Das abbildende Gitter 24 wird bevorzugt mehr als etwa 300, besonders bevorzugt mehr als etwa 500 Linien / mm, d.h. Beugungselemente aufweisen, um trotz des kompakten Aufbaus der erfindungsgemäßen Lumineszenzsensoren 6 noch eine ausreichende Dispersion der Lumineszenzstrahlung auf das Detektorelement 21 zu ermöglichen. Hierbei kann der Abstand zwischen abbildendem Gitter 24 und dem Detektorelement 21 vorzugsweise weniger als etwa 70 mm, besonders bevorzugt weniger als etwa 50 mm betragen.

[0047] Eine Auslesung der einzelnen Pixel 40 der Detektorzeile 22 kann dabei z. B. mit Hilfe eines Schieberegisters seriell erfolgen. Vorzugsweise wird allerdings eine parallele Auslesung einzelner Pixel 40 und/oder Pixelgruppen der Detektorzeile 22 erfolgen. Nach dem Beispiel der Fig. 9 werden die drei linken Pixel 40 jeweils einzeln ausgelesen, indem die Meßsignale dieser Pixel 40 mit Hilfe je einer Verstärkerstufe 45, die z.B. Bestandteil des Siliziumsubstrats 42 nach Fig. 7 sein kann, verstärkt und je einem Analog/Digitalwandler 46 zugeführt. Die beiden rechten Pixel in der schematischen Darstellung der Fig. 9 wiederum werden zuerst mittels separater Verstärkerstufen 45 verstärkt, dann einer gemeinsamen Multiplexeinheit 47, die gegebenenfalls auch eine Sam-

ple- & Holdschaltung umfassen kann, und dann einem gemeinsamen Analog/Digitalwandler 46 zugeführt, der mit der Multiplexeinheit 47 verbunden ist.

[0048] Das hierdurch ermöglichte parallele Auslesen von mehreren Pixeln 40 bzw. Pixelgruppen ermöglicht kurze Integrationszeiten und eine synchronisierte Messung der Banknote BN. Diese Maßnahme trägt ebenfalls zu einer Erhöhung des Signal-/Rausch-Verhältnisses bei.

[0049] Nach einer weiteren unabhängigen Idee der vorliegenden Erfindung erfolgt eine Integration von Komponenten der Abbildungsoptik für die Lumineszenzstrahlung mit Komponenten des Detektor 30. Im speziellen kann der Umlenkspiegel 23 zur Umlenkung der zu erfassenden Lumineszenzstrahlung auf das Spektrometer 30 direkt mit der Detektoreinheit 21 verbunden sein, wie es z.B. in Fig. 2 dargestellt ist.

[0050] Fig. 7 zeigt eine modifizierte Variante, in welcher der Umlenkspiegel 23 direkt auf einem gemeinsamen Träger mit der Detektorzeile 22, d. h. im speziellen auf dem Siliziumsubstrat 42 aufgebracht ist. Alternativ kann der Umlenkspiegel 23 z.B. auch auf einem Deckglas der Detektoreinheit 21 aufgebracht sein.

[0051] Weiterhin kann unterhalb des Umlenkspiegels 23 noch ein Photodetektor, wie eine Photozelle 56 vorhanden sein. Diese bevorzugte Variante ist exemplarisch in der Figur 8 abgebildet, die einen Querschnitt entlang der Linie I-I der Figur 7 zeigt. In diesem Fall ist der auf der Photozelle 56 aufgebrachte Umlenkspiegel 23 für die von der Photozelle 56 zu messenden Wellenlängen zumindest teilweise transparent. Die Photozelle 56 kann wiederum zu Eichzwecken und/ oder zur Auswertung anderer Eigenschaften der Lumineszenzstrahlung eingesetzt werden.

[0052] Wie in Figur 4 veranschaulicht, kann nicht nur aus Gründen der kompakten Sensorausgestaltung, wie es in Figur 4 veranschaulicht ist, sondern auch zum Anbringen weiterer optischer Komponenten 23, 56 die Detektorzeile 22 vorzugsweise asymmetrisch auf dem Träger, d. h. dem Siliziumsubstrat 42 aufgebracht sein.

[0053] Wie erwähnt wurde wird aufgrund der üblicherweise bei der Prüfung von Banknoten BN zu erwartenden nur sehr geringen Signalintensitäten der Lumineszenzstrahlung eine Kalibrierung des Lumineszenzsenors 12 während des laufenden Betriebes, d.h. im speziellen z.B. in den Pausen zwischen zwei Banknoten-Meßzyklen des Lumineszenzsenors 12 erforderlich sein. Eine bereits beschriebene mögliche Maßnahme ist das Verwenden der Referenzproben 32.

[0054] Nach einer weiteren Idee kann dies auch durch eine aktive mechanische Verstellung der optischen Komponenten des Lumineszenzsenors 12 erfolgen, wobei die Verstellung in Abhängigkeit von Meßwerten des Lumineszenzsenors 12 z.B. durch eine externe Steuerungseinheit 11 oder vorzugsweise durch eine interne Steuerungseinheit 50 gesteuert werden kann.

[0055] So kann beispielsweise durch ein Stellelement 25 das Bauteil des abbildenden Gitters 24 in Richtung S

verschiebbar gelagert sein. Ebenfalls kann durch andere nicht dargestellte Komponenten eine mechanische Verstellung anderer optischer Komponenten, wie z. B. des Detektors 21 erreicht werden, der z. B. in Richtung des Pfeils D in Fig. 2 aktiv angesteuert verschiebbar sein kann. Es kann auch eine Verstellung der optischen Komponenten in mehr als einer Richtung durchgeführt werden.

[0056] Somit kann z.B. während des laufenden Betriebs des Lumineszenzsenors 12 eine Auswertung der Meßwerte des Lumineszenzsenors 12 durchgeführt und beim Vorliegen von Abweichungen der Meßwerte (z. B. der Detektorzeile 22, der weiteren Detektoreinheit 27 oder der Photozelle 33) oder von daraus abgeleiteten Größen von bestimmten Referenzwerten bzw. -bereichen eine aktive mechanische Verstellung von einzelnen oder mehrerer der optischen Komponenten des Lumineszenzsenors 12 durchgeführt werden, um eine erhöhte Signalausbeute und eine Kompensation von unerwünschten Änderungen z.B. aufgrund von durch die Beleuchtung oder Elektronik ausgelöste Temperaturschwankungen oder Alterungserscheinungen von optischen Komponenten zu erreichen. Dies ist besonders für eine Detektoreinheit 21 mit wenigen Pixeln 40 wichtig.

[0057] Zur Erhöhung der Lebensdauer der Lichtquellen des Lumineszenzsenors 12 kann auch vorgesehen sein, daß beispielsweise die Laserdiode 14 nur dann mit hoher Leistung angesteuert wird, wenn sich eine Banknote BN gerade im Bereich des Meßfensters, d. h. des Frontglases 18 befindet.

[0058] Zu den bereits vorstehend beschriebenen Varianten sind natürlich noch weitere Alternativen oder Ergänzungen denkbar.

[0059] Während in Bezug auf die Figuren 2 und 4 Beispiele beschrieben wurden, bei denen das abbildende Gitter 24 eine konkav gekrümmte Oberfläche hat, kann alternativ auch ein Plangitter eingesetzt werden. Der Aufbau eines solchen Lumineszenzsenors 12 ist exemplarisch in der Figur 10 veranschaulicht. Die von der zu prüfenden Banknote BN ausgehende durch ein Eintrittsfenster 18 erfaßte Strahlung fällt auch in diesem Fall durch eine Kollimations-Linse 17 auf einen Strahlteiler 16, von dem aus das Licht um 90° umgelenkt, über eine Linse 19 und einen Filter 20 zur Beleuchtungsunterdrückung auf einen ersten sphärischen Kollimator-Spiegel 70 fällt. Von diesem Spiegel 70 aus wird die Strahlung auf ein Plangitter 71 umgelenkt. Das von diesem spektral zerlegte Licht wird dann über einen zweiten sphärischen Kollimator-Spiegel 72 und eine Zylinderlinse 73 auf ein Detektorarray 21 gelenkt.

[0060] Der Lumineszenzsensor 12 der Figur 10 ist weiterhin dadurch ausgezeichnet, daß das Beleuchtungslicht mittels einer Lichtleiterkopplung eingekoppelt wird. Im speziellen wird das von einer Laserlichtquelle 68 erzeugte Licht über einen Lichtleiter 69, eine Strahlformungsoptik 66, den Strahlteiler 16, die Kollimations-Linse 17 und das Eintrittsfenster 18 auf die zu prüfende Banknote gestrahlt. Da Lichtleiter 69 flexibel und ver-

formbar sind und dadurch der Beleuchtungsstrahlengang (weitgehend) beliebig verlaufen kann, ist es z.B. erst möglich, die Lichtquelle an einer besonders platzsparenden Stelle im Gehäuse 13 zu befestigen.

[0061] Insbesondere bei der Verwendung solcher Lichtleiter kann die Lichtquelle sogar außerhalb des Gehäuses 13 des Lumineszenzsenors 12 angebracht sein. Diese räumliche Trennung hat den Vorteil, daß die von der Lichtquelle 68 erzeugte Wärme deutlich weniger den Betrieb und die Justage der sonstigen im Gehäuse 13 befindlichen optischen Komponenten und insbesondere auch der hochempfindlichen Detektoren 21 stört. Figur 11 zeigt ein zugehöriges schematisches Beispiel, bei dem eine Lichtquelle 68 in einen Lichtleiter 69 einstrahlt, welcher in das Gehäuse 13 eines Lumineszenzsenors 12 führt. Das Gehäuse 13 kann exemplarisch so aufgebaut sein wie das der Figur 10 mit dem einzigen Unterschied, der die Lichtquelle 68 sich somit außerhalb des Gehäuses 13 befindet und der Lichtleiter 69 damit auch außerhalb des Gehäuses 13 verläuft.

[0062] Eine weitere Besonderheit der Lichteinkopplung z.B. nach Figur 11 ist es, daß der die Lichtquelle 69 und das Gehäuse 13 verbindende Lichtleiter 69 in einem in der Figur 11 schematisch in einer Querschnittsansicht gezeigten mittleren Bereich 70 spiralförmig aufgewickelt ist. Wenn die Lichtquelle 68 in den Lichtleiter 69 einstrahlt, kommt es zu einer Reihe von Totalreflexionen im Lichtleiter 69. Hierdurch wird der Strahlquerschnitt der eingekoppelten Laserstrahlung der Lichtquelle 68 räumlich homogenisiert. Dies hat den Vorteil, daß die Beleuchtung bei der Prüfung weniger schwankt und somit reproduzierbarere Prüfergebnisse erzielt werden können. Der Lichtleiter muß hierzu aber nicht zwingend in einer Ebene spiralförmig aufgewickelt sein. Wesentlich ist vielmehr nur, daß der Lichtleiter eine gewisse Länge aufweist. So wird der Lichtleiter 69 bei einem Faser-Querschnitt von 50 µm bis 200 µm vorzugsweise eine Länge von 1 m bis 20 m haben.

[0063] Ebenfalls ist alternativ denkbar, daß die Bestrahlung der zu prüfenden Banknote ausschließlich über außerhalb des Gehäuses 13 vorhandene optische Komponenten erfolgt und der Lumineszenzsensor 12 im Innern des Gehäuses 13 nur die optischen Komponenten beinhaltet, welche für die Messung der von der beleuchteten Banknote ausgehenden Strahlung verwendet werden.

[0064] Zur Stabilisierung des Beleuchtungsstrahls kann z.B. auch ein so genannter DFB-Laser, bei dem ein zusätzliches Gitter in den Resonator des Lasers eingebaut ist, oder ein so genannter DFR-Laser verwendet werden, bei dem ein zusätzliches Gitter außerhalb des Resonators des Lasers eingebaut ist.

[0065] Obwohl vorstehend beispielsweise bevorzugte Varianten der Prüfung mit Hilfe eines Gitterspektrometers, d.h. eines Spektrometers 30 mit abbildendem Gitter 24, beschrieben wurde, so kann an sich auch ohne Gitterspektrometer gearbeitet und z.B. ein Spektrometer 30 mit Prisma zur Spektraldispersion eingesetzt werden

oder eine Messung mit Hilfe von unterschiedlichen Filtern zum Herausfiltern unterschiedlicher zu erfassender Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereichen der Lumineszenzstrahlung durchgeführt werden. Dies kann insbesondere auch für eine mehrspurige oder eine hochempfindliche Messung eingesetzt werden.

[0066] Ein Beispiel für einen Lumineszenzsensor 1 ohne Gitterspektrometer ist in der Figur 12 veranschaulicht. Figur 12 zeigt dabei in schematischer Weise nur den Detektionsteil eines Lumineszenzsenors. Alle anderen Komponenten wie z.B. das Gehäuse, die Beleuchtung und die Abbildungsoptiken sind der besseren Anschaulichkeit halber weggelassen. Nach diesem Beispiel der Figur 12 wird der von der zu prüfenden Banknote BN ausgehende Strahl über einen um eine Drehachse 58 verschwenkbaren Umlenkspiegel 57 selektiv auf einzelne Detektoren 59 umgelenkt, welche für unterschiedliche Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche sensitiv sind. Dies kann zum einen durch die Wahl von in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen photoempfindlicher Detektorflächen der Detektoren 59 erfolgen. Allerdings können auch, wie es in Figur 12 exemplarisch angedeutet ist, Filter 60 für unterschiedliche Wellenlängenbereiche den Detektoren 59 vorgeordnet und bevorzugt auch an diesen selbst befestigt sein.

[0067] Ebenfalls ist es möglich, ein sogenanntes Filterrad mit unterschiedlichen Filtern zu verwenden. Durch Drehen des Filterrad kreuzen dann nacheinander die einzelnen unterschiedlichen Filter den nachfolgend auf den Detektor einfallenden Lichtstrahl der zu prüfenden Banknote BN.

[0068] In der Figur 13 ist ein Detektor 61 nach noch einem anderen Beispiel in sehr schematischer Weise abgebildet. Der Detektor weist dabei auf einem Substrat 62 eine Reihe oder ein Array von gleichartigen photoempfindlichen Pixeln 63 auf. Auf dem Detektor 61 ist oberhalb der Pixel 63 ein Filter 64 montiert, das einen in Richtung des Pfeils angedeuteten Gradienten der Filterwellenlänge aufweist. Das bedeutet, daß in Richtung des Pfeils gesehen an unterschiedlichen Stellen des Filters 64 unterschiedliche Wellenlängen ausgefiltert werden. Die Verwendung eines solchen Filters 64 mit Filterwellenlängengradienten hat den Vorteil, daß das zu prüfende Licht direkt auf den Detektor 61 gestrahlt werden und auf wellenlängendispergierende Elemente wie das Gitter 24 oder die Umlenkspiegel 23, 57 verzichtet werden kann. Der Aufbau des Lumineszenzsenors 1 kann hierdurch besonders einfach und mit weniger Bauteilen gestaltet werden.

[0069] Zudem kann beispielsweise auch die aktive optische Verstellung von einzelnen Komponenten nicht nur beim besonders bevorzugten Beispiel eines Lumineszenzsenors, sondern auch bei anderen, insbesondere anderen optischen Sensoren mit Vorteil eingesetzt werden. Außerdem ist z.B. die spezielle Ausgestaltung des Spektrometers auch dann von Vorteil, wenn der Lumineszenzsensor selbst keine Lichtquelle zur Anregung von Lumineszenzstrahlung aufweist.

[0070] Weiterhin kann das erfindungsgemäße System auch so ausgelegt sein, daß die Meßwerte des Lumineszenzsen-
sors 12 einer Banknote BN noch ausgewertet werden, während gleichzeitig schon Meßwerte einer
nachfolgenden Banknote BN aufgenommen werden. Die Auswertung der Meßwerte der vorhergehenden Bank-
note BN muß allerdings so schnell erfolgen, daß die einzelnen Weichen 7 der Transportstrecke 5 noch ausrei-
chend schnell geschaltet werden können, um die vorhergehende Banknote BN in das jeweils zugeordnete Abla-
gefach 9 umzulenken.

[0071] Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren ermöglicht folglich eine einfache und sichere
Prüfung und Unterscheidung von lumineszierenden Wertdokumenten. Die Prüfung kann dabei z.B. erfolgen,
indem mittels der Lichtquelle 14 während einer bestimmten Zeitdauer 0-tp für die Anregung des Merkmalsstoffs
ein Licht mit einer ersten Wellenlänge mit einer vorgegebenen Intensität erzeugt wird. Durch das Licht der
Lichtquelle 14 wird der Merkmalsstoff der zu überprüfen und am Frontglas 18 in Richtung T vorbeitranspor-
tierten Banknote BN angeregt, woraufhin der Merkmals-
stoff Lumineszenzlicht einer zweiten Wellenlänge emittiert. Die Intensität des emittierten Lumineszenzlichts
steigt während der Zeitdauer 0-tp der Anregung nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit an. Die Art und Wei-
se des Anstiegs und der Abnahme der Intensität des emittierten Lumineszenzlichts ist abhängig vom verwen-
deten Merkmalsstoff und von der anregenden Lichtquelle 14, d. h. deren Intensität und Wellenlänge bzw. Wellen-
längenverteilung. Nach Beendigung der Anregung zum Zeitpunkt tp nimmt die Intensität des emittierten Lumi-
neszenzlichts nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit ab.

[0072] Mit Hilfe des Spektrometers 30 wird nun das senkrecht, d.h. parallel zum Anregungslicht, von der
Banknoten BN ausgehende Lumineszenzlicht erfaßt und ausgewertet. Durch Auswertung des Signals der Detek-
toreinheit 21 zu einem oder mehreren bestimmten Zeit-
punkten t2, t3 kann besonders sicher überprüft werden, ob eine echte Banknote BN vorliegt, da nur der für die
Banknote BN verwendete Merkmalsstoff oder die Kombination von verwendeten Merkmalsstoffen ein derarti-
ges Abklingverhalten aufweist. Die Überprüfung des Abklingverhaltens kann mittels des oben beschriebenen
Vergleichs der Intensität des Lumineszenzlichts zu einem oder mehreren bestimmten Zeitpunkten mit vorge-
gebenen Intensitäten für echte Banknoten BN erfolgen. Es kann auch vorgesehen sein, daß der Verlauf der In-
tensität des Lumineszenzlichts mit vorgegebenen Verläufen für bekannte Banknoten BN verglichen wird.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Prüfung von lumineszierenden Wertdokumenten (BN), mit einer Lichtquelle (14, 51, 52, 68) zur Anregung von Lumineszenzstrahlung

und einem Lumineszenzsensor (12), um die vom Wertdokument (BN) ausgehende Lumineszenz-
strahlung spektral aufgelöst zu erfassen,

dadurch gekennzeichnet, daß

der Lumineszenzsensor (12) zumindest eine Detek-
torzeile (22) mit Pixeln (40) unterschiedlicher Ab-
messungen, insbesondere in Dispersionsrichtung
der zu messenden Lumineszenzstrahlung unter-
schiedlicher Abmessungen aufweist.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-
zeichnet**, die Lichtquelle (14, 51, 52, 68) auf dem in
einer Transportrichtung (T) am Lumineszenzsensor
(12) vorbeitransportierten Wertdokument (BN) eine
Beleuchtungsfläche (35) erzeugt, die sich in Trans-
portrichtung (T) erstreckt, und daß vorzugsweise die
Ausdehnung der Beleuchtungsfläche (35) in Trans-
portrichtung (T) zumindest doppelt, bevorzugt zu-
mindest dreimal, viermal oder besonders bevorzugt
zumindest fünfmal so lang wie die Ausdehnung
senkrecht zur Transportrichtung (T) ist.

3. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorheri-
gen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ei-
ne Bildfläche (36) des Lumineszenzsen-
sors (12) sich in Transportrichtung (T) des am Lumineszenz-
sensor (12) vorbeitransportierten Wertdokuments
(BN) erstreckt.

4. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorheri-
gen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die
Länge und/ oder Breite der Bildfläche (36) kleiner
als die entsprechenden Abmessungen der Beleuch-
tungsfläche (35) der Lichtquelle (14, 51, 52, 68) sind,
und/oder daß zu einem gegebenen Zeitpunkt die
Bildfläche (36) und die Beleuchtungsfläche (35) auf
dem Wertdokument (BN) zumindest teilweise oder
vollständig überlappend sind.

5. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorheri-
gen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der
Lumineszenzsensor (12) eine oder mehrere Licht-
quellen (14, 51, 52, 68) aufweist, die bei unterschied-
lichen Wellenlängen emittieren, wobei vorzugswei-
se einzelne Wellenlängen selektiv aktivierbar sind.

6. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorheri-
gen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der
Lumineszenzsensor (12) zumindest eine Detektor-
zeile (22) mit einer geringen Anzahl von Pixeln (40),
vorzugsweise von 10 bis 32 Pixeln (40), besonders
bevorzugt von 10 bis 20 Pixeln (40) aufweist.

7. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorheri-
gen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der
Lumineszenzsensor (12) zumindest ein Detektor-
element (40) aufweist, um Strahlung außerhalb des
Lumineszenzspektrums der Wertdokumente (BN)

zu messen.

8. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) eine InGaAs-Detektorzeile (22) auf einem Siliziumsubstrat (42) aufweist, wobei das Siliziumsubstrat (42) vorzugsweise eine oder mehrere Verstärkerstufen (45) zur Verstärkung der analogen Meßsignale von Pixeln (40) der InGaAs-Detektorzeile (22) aufweist. 5
9. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Detektoreinheit (21) des Lumineszenzsensors (6) einen Spektralbereich von weniger als 500 nm, bevorzugt von weniger als oder von etwa 300 nm erfaßt und/oder das abbildende Gitter (24) des Lumineszenzsensors (6) mehr als etwa 300, bevorzugt mehr als etwa 500 Linien / mm aufweist und/ oder der Abstand zwischen abbildendem Gitter (24) und Detektoreinheit (21) weniger als etwa 70 mm, bevorzugt weniger als etwa 50 mm beträgt. 10
10. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Lichtquelle (14) und/oder der Lumineszenzsensor (12) und/ oder eine Steuerungseinheit (50) zur Signalverarbeitung der Meßwerte des Lumineszenzsensors (6) und/ oder zur Leistungssteuerung von Komponenten des Lumineszenzsensors (6) in einem gemeinsamen Gehäuse (13) und oder in getrennten Gehäusen (13, 68) integriert sind. 25
11. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Lichtquelle (14) das zu prüfende Wertdokument (BN) senkrecht bestrahlt und der Lumineszenzsensor (12) senkrecht von dem bestrahlten Wertdokument (BN) ausgehende Lumineszenzstrahlung erfaßt und/oder daß die von der Lichtquelle (68) erzeugte Strahlung über einen Lichtleiter (69) auf das zu prüfende Wertdokument gestrahlt wird, und/ oder daß der Lumineszenzsensor (12) einen Umlenkspiegel (23) zur Faltung des Strahlengangs der zu messenden Lumineszenzstrahlung und/ oder zu einer Umlenkung der zu messenden Lumineszenzstrahlung auf eine andere optische Einheit, wie auf eine Einrichtung zur Spektralzerlegung (24) hin aufweist. 30
12. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) einen Photodetektor (56) mit einem auf oder über dessen Oberfläche befindlichen Umlenkspiegel (23) aufweist, der für die von dem Photodetektor (56) zu messenden Wellenlängen zumindest teilweise transparent ist, und daß der Lumineszenzsensor (12) vorzugsweise einen dem Photodetektor (56, 59, 63) im Strahlengang der zu 35

messenden Strahlung vorgeordneten Filter (60, 64), insbesondere einen Filter (64) mit Filterwellenlängengradienten aufweist.

13. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) ein Bauteil (21) aufweist, das sowohl eine photosensitive Detektoreinheit (22) für Lumineszenzstrahlung, als auch Komponenten (23) zur Abbildung der Lumineszenzstrahlung auf die photosensitive Detektoreinheit (22) aufweist. 40
14. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) eine Detektorzeile (22) aufweist, die asymmetrisch auf einem Substrat (42) aufgebracht ist. 45
15. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) mehrere Detektoreinheiten (21, 27) zur Erfassung von unterschiedlichen Eigenschaften der Lumineszenzstrahlung aufweist, die vorzugsweise in unterschiedlichen Spektralbereichen und/oder mit unterschiedlichen spektralen Auflösungen messen. 50
16. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** unterschiedliche Detektoreinheiten (21, 27) zur Prüfung unterschiedlicher Merkmalsstoffe des Wertdokuments (BN) ausgelegt sind. 55
17. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Detektoreinheit (21) zur spektralaufgelösten Messung der Lumineszenzstrahlung und eine andere Detektoreinheit (27) zur nicht-spektralaufgelösten Messung der Lumineszenzstrahlung ausgelegt ist. 60
18. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Detektoreinheit (21) zur zeitintegrierten Messung der Lumineszenzstrahlung und eine andere Detektoreinheit (27) zur zeitaufgelösten Messung der Lumineszenzstrahlung ausgelegt ist. 65
19. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Detektoreinheit (27) zur Messung der nullten Ordnung der spektral zerlegten Lumineszenzstrahlung und eine andere Detektoreinheit (21) zur Messung einer anderen Ordnung der spektral zerlegten Lumineszenzstrahlung ausgelegt ist. 70
20. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine Detektoreinheit (27) verkippt in Bezug auf eine 75

Einrichtung (24) zur Spektralzerlegung angeordnet ist, um eine Zurückreflektion auf die Einrichtung (24) zu vermeiden.

21. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) eine Referenzprobe (32) mit einem lumineszierenden Merkmalsstoff und vorzugsweise eine weitere Lichtquelle (31) zur Bestrahlung der Referenzprobe (32) aufweist. 5
10
22. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Lumineszenzsensor (12) Mittel (25) zur aktiven mechanischen Verstellung von optischen Komponenten (21, 24) des Lumineszenzsensors (12) aufweist, und daß vorzugsweise eine aktive mechanische Verstellung von optischen Komponenten (21, 24) des Lumineszenzsensors (12) in Abhängigkeit von Meßwerten des Lumineszenzsensors (12) durch eine Steuerungseinheit (11, 50) steuerbar ist. 15
20
23. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Meßwerte des Lumineszenzsensors (12) zu einem 25
Wertdokument (BN) noch ausgewertet werden, während gleichzeitig schon Meßwerte eines nachfolgenden Wertdokuments (BN) aufgenommen werden. 30
24. Vorrichtung (1) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** einzelne Pixel (40) und/oder Pixelgruppen der Detektorzeile (22) parallel auslesbar sind und/oder daß 35
einzelne Pixel (40) und/oder Pixelgruppen der Detektorzeile (22) jeweils mit einer eigenen Verstärkerstufe (45) und einem nachfolgendem Analog-/ Digitalwandler (46) verbunden sind. 40
45
50
55

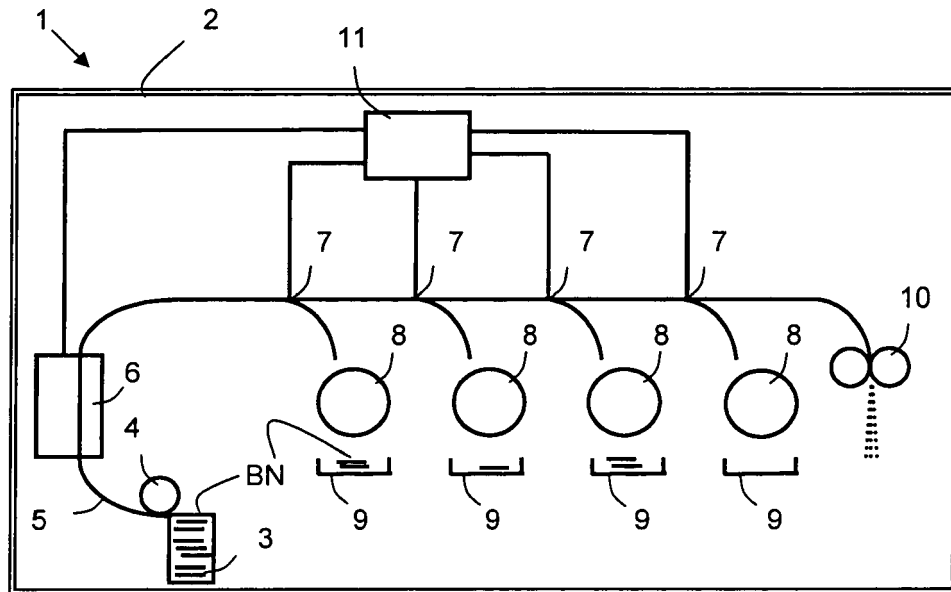


FIG 1

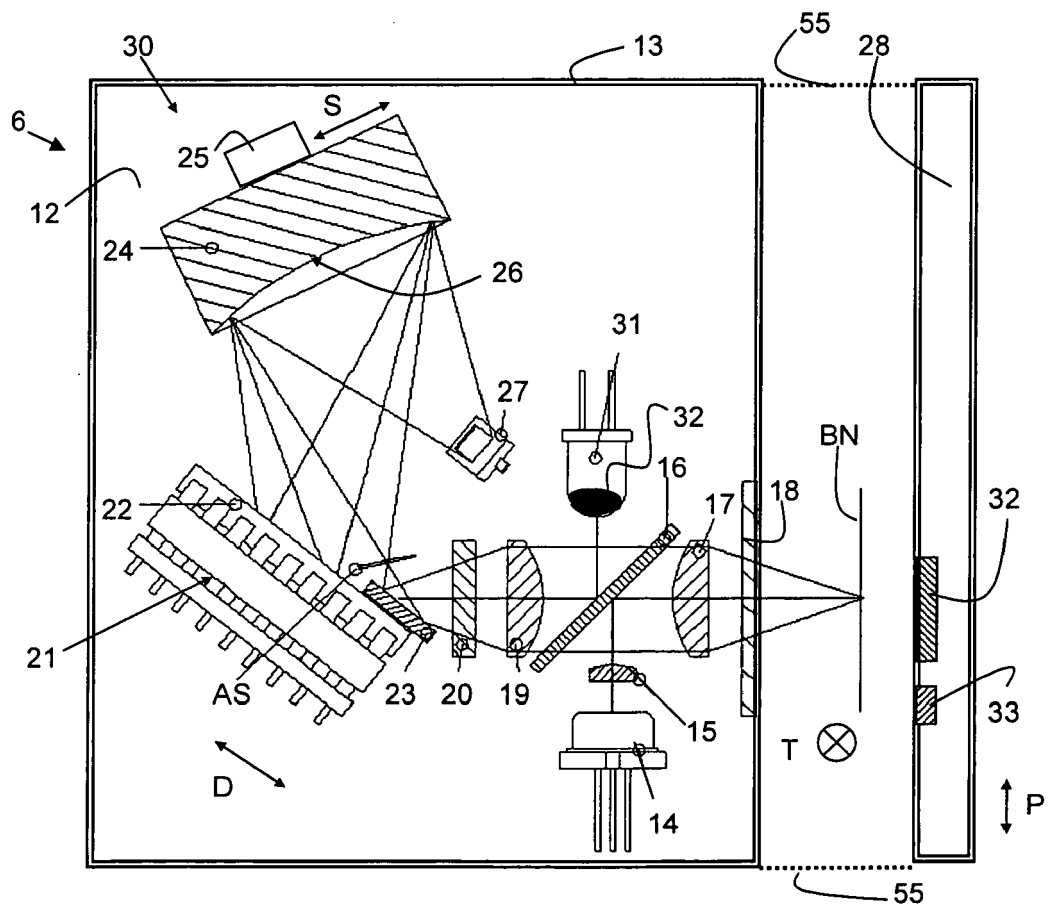


FIG 2

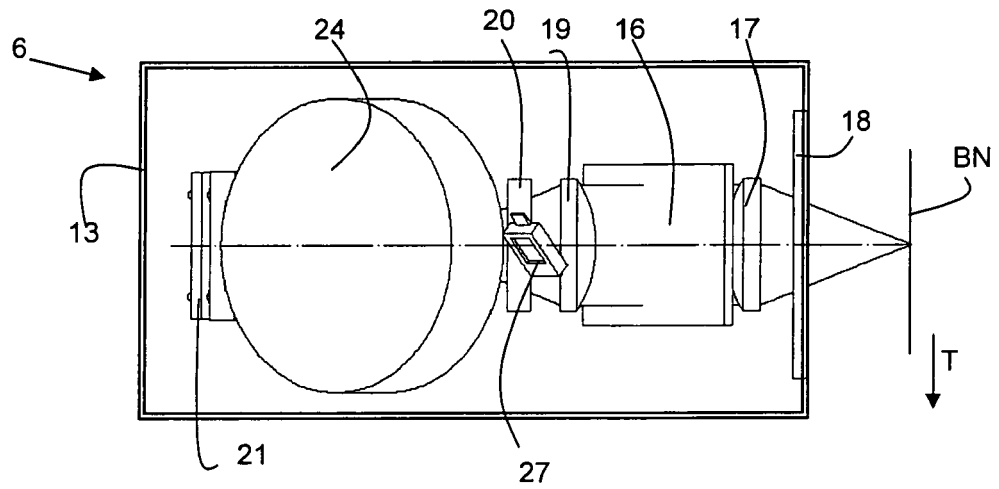


FIG 3

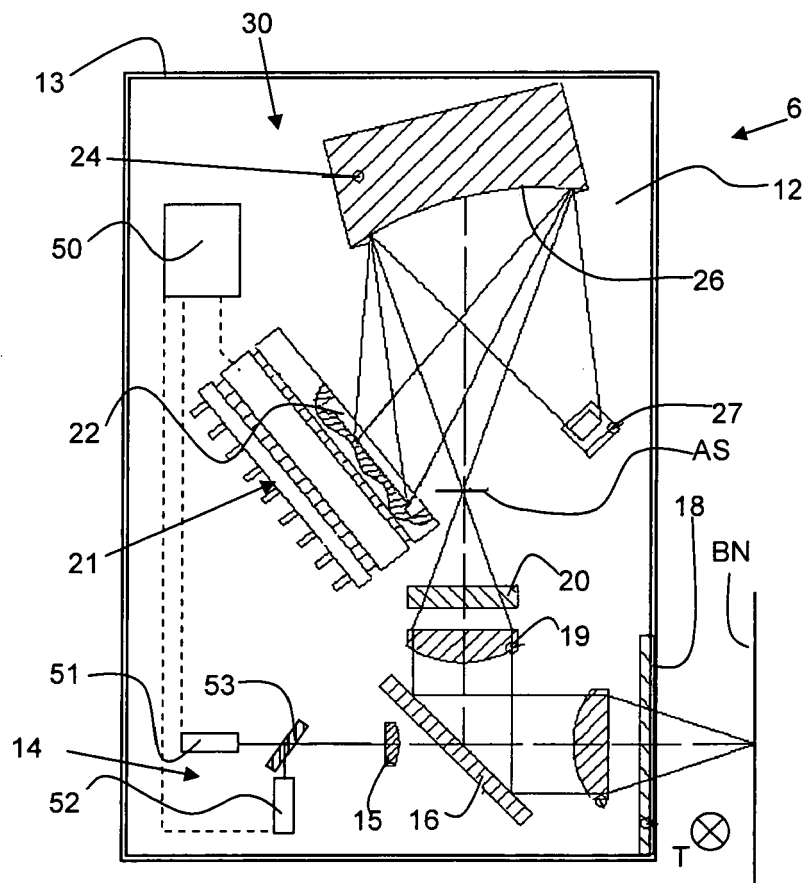


FIG 4

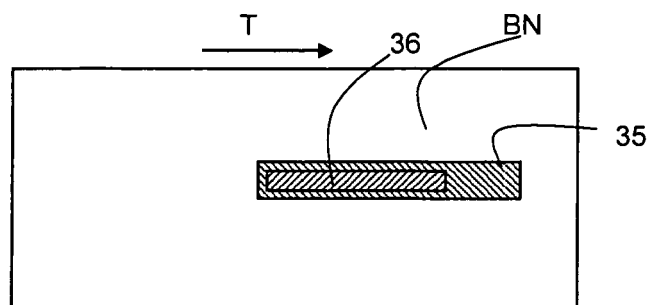


FIG 5

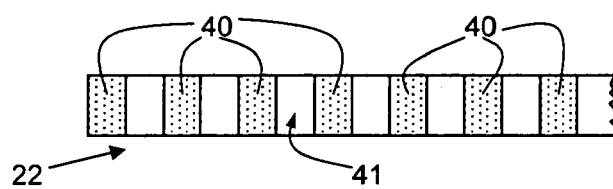


FIG 6

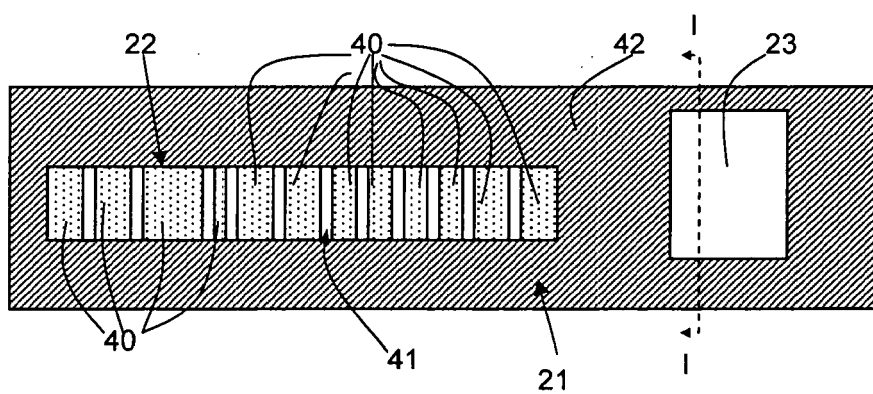


FIG 7

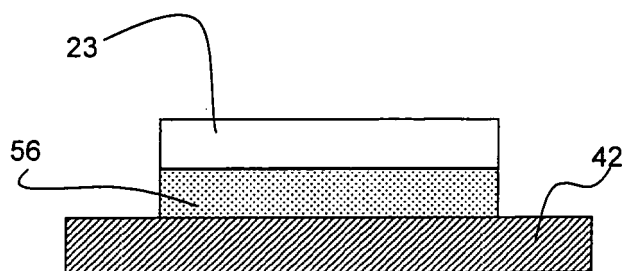


FIG 8

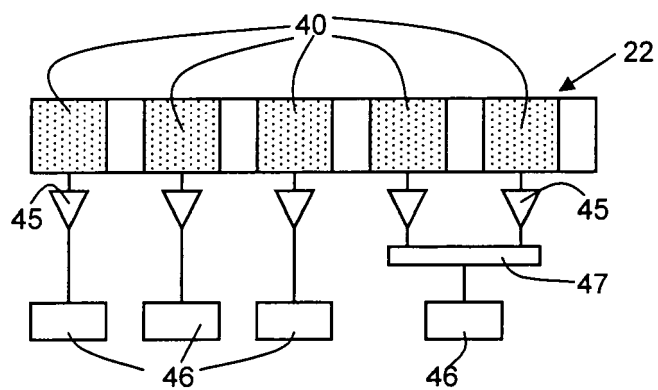


FIG 9

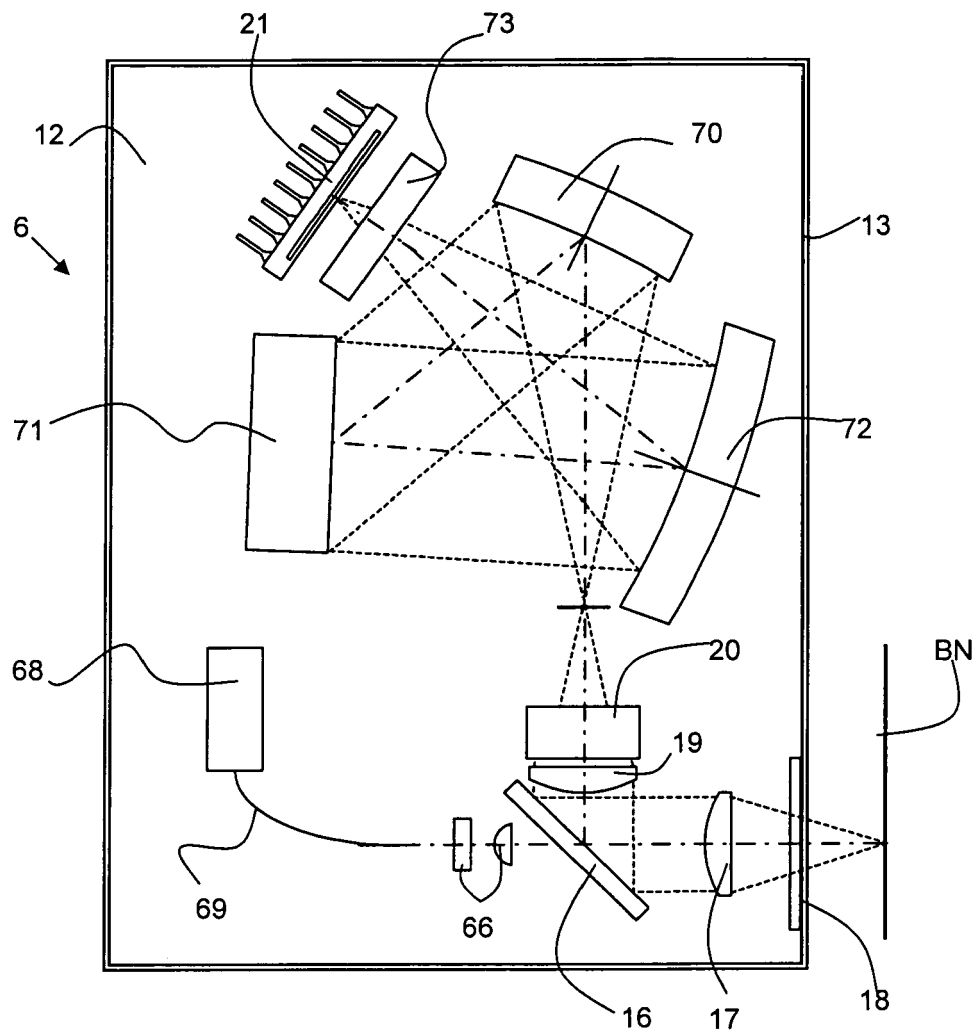


FIG 10

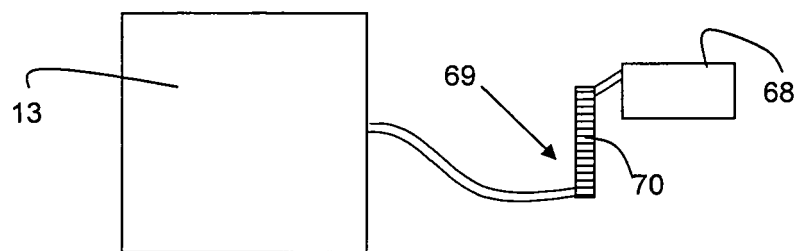


FIG 11

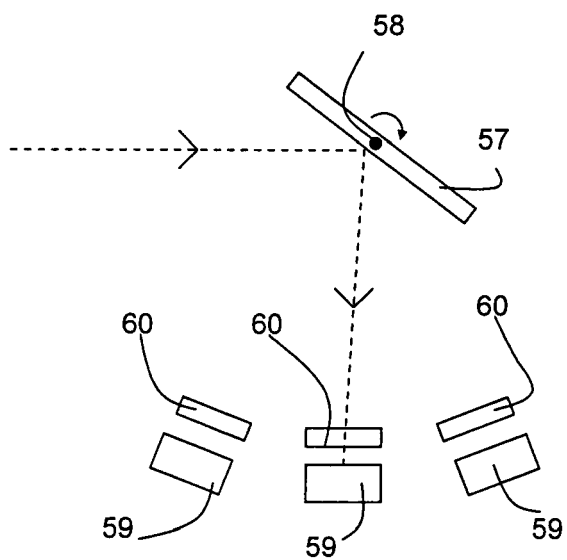


FIG 12

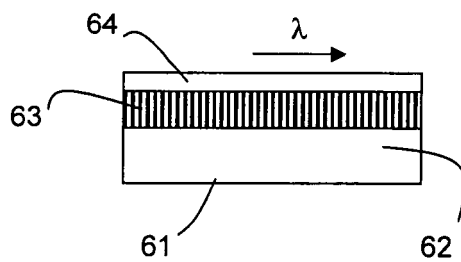


FIG 13

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

- DE 2366274 C2 [0003] [0018]
- DE 10127837 A1 [0027]