



(11) **EP 3 866 126 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**18.08.2021 Patentblatt 2021/33**

(51) Int Cl.:  
**G07D 7/1205<sup>(2016.01)</sup> G07D 7/202<sup>(2016.01)</sup>**  
**G07D 7/004<sup>(2016.01)</sup> G07D 7/0043<sup>(2016.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **21155597.4**

(22) Anmeldetag: **05.02.2021**

(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:  
**KH MA MD TN**

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

(72) Erfinder: **BYSZIO-WEGENER, Frank**  
**16348 Wandlitz (DE)**

(74) Vertreter: **Bittner, Thomas L.**  
**Boehmert & Boehmert**  
**Anwaltpartnerschaft mbB**  
**Pettenkoferstrasse 22**  
**80336 München (DE)**

(30) Priorität: **17.02.2020 DE 102020104115**

(54) **VERFAHREN ZUM ÜBERPRÜFEN EINES SMARTPHONE-VERIFIZIERBAREN SICHERHEITSMERKMALS, SMARTPHONE-VERIFIZIERBARES SICHERHEITSMERKMAL UND WERT- ODER SICHERHEITSDOKUMENT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals, mit optischem Anregen eines Leuchtstoffs eines Sicherheitsmerkmals (1), welches zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht, mittels einer Lichtquelle eines Smartphones (7); Detektieren einer Lumineszenz des Leuchtstoffs, welche der Leuchtstoff auf die optische Anregung abgibt, mittels einer Bilderfassungseinrichtung (9) des Smartphones (7); und Auswerten von Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals (1), die während der Abklingzeit mittels der Bilderfassungseinrichtung (9) erfasst werden, mittels einer Auswerteeinrichtung des Smartphones (7) und unter Verwendung einer oder mehrerer Software-Applikationen, die auf dem Smartphone (7) lauffähig installiert sind. Das Auswerten umfasst Bestimmen von elektronischen Informationen, die in einem maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher Teil des Sicherheitsmerkmals (1) ist und wenigstens teilweise aus dem Leuchtstoff besteht; Bestimmen eines optischen Parameters für die Lumineszenz in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne; und Vergleichen des optischen Parameters mit einem Referenzparameter, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals (1) zu prüfen. Außerdem sind ein Smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal und ein Wert- oder Sicherheitsdokument mit einem smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmal offenbart.

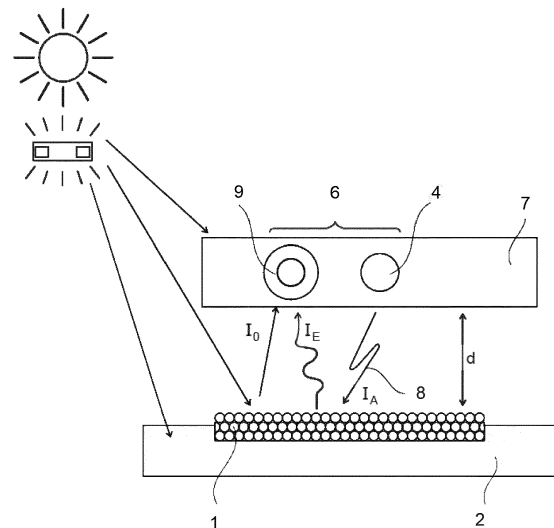


Fig. 2

**EP 3 866 126 A1**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals, ein smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal sowie ein Wert- oder Sicherheitsdokument.

Hintergrund

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt, mit lumineszierenden Substanzen (Leuchtstoffen) ausgestattete Sicherheitsmerkmale zum Schutz und zum Echtheitsnachweis von Wert- und Sicherheitsdokumenten einzusetzen. Sie werden zumeist als sogenannte Level-2-Merkmale verwendet. Ihre Anwesenheit kann über die mit einfachen Handgeräten (UV- oder IR-Strahlungsquellen) anregbare und zumeist im sichtbaren Spektralbereich erfolgende Emission der Leuchtstoffe nachgewiesen werden. Darüber hinaus dienen solche Sicherheitsmerkmale dem Kopierschutz. Andererseits finden mit besonders hoher Fälschungssicherheit ausgestattete lumineszierende Sicherheitsmerkmale aber auch als maschinell auslesbare Level-3-Merkmale Anwendung. Die Echtheitsverifikation derartiger Merkmale ist in der Regel mit einem hohen technischen Aufwand verbunden.

**[0003]** Sowohl im Bereich der Sicherheits- und Wertdokumente als auch im Bereich des Produktschutzes gibt es ein zunehmendes Interesse an der Anwendung von Echtheitsmerkmalen, die eine hohe Sicherheitsstufe (Level-2+ bzw. Level-3-Charakteristik) aufweisen, sich aber mit geringem technischen Aufwand prüfen lassen.

**[0004]** Aus dem Dokument WO 2012 / 083469 A1 ist eine Vorrichtung zum Authentifizieren von mit fotochromen Systemen markierten Dokumenten bekannt. Das fotochrome Sicherheitsmerkmal zeigt unter Einwirkung einer Blitzlichtanregung eine Farbänderung und / oder eine Formänderung. Es wird weiterhin beschrieben, dass das Sicherheitsmerkmal auf Basis eines Retinalproteins ausgebildet ist.

**[0005]** Das Dokument WO 2013 / 034471 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Erkennen eines Dokuments, das ein Leuchtstoffbasiertes Sicherheitsmerkmal mit so bezeichneten Wellenlängen-Konversionseigenschaften aufweist. Hierzu sind eine Lichterzeugungseinrichtung (beispielsweise eine LED- Blitzlichteinheit), welche das Sicherheitsmerkmal mit Anregungslicht bestrahlt, sowie eine Bildaufnahmeeinrichtung vorgesehen (beispielsweise eine Digitalkamera eines mobilen Kommunikationsgerätes), welche das vom Sicherheitsmerkmal emittierte Licht aufnehmen soll. Es hat sich aber gezeigt, dass die verwendeten Leuchtstoffe regelmäßig Abklingzeiten aufweisen, die eine Auswertung der Emission mit weit verbreiteten Geräten, insbesondere eine Echtheitsprüfung mit der Hilfe handelsüblicher Smartphones nicht gestatten.

**[0006]** Das Dokument WO 2013 / 034603 A1 beschreibt ein Verfahren zur Verifikation eines Sicherheitsdokuments mit einem Sicherheitsmerkmal in Form eines fluoreszierenden Druckelements. Das Verfahren sieht vor, das Druckelement mittels einer Lichtquelle anzuregen, so dass dieses in Folge dieser Anregung eine elektromagnetische Strahlung emittiert, welche in einem weiteren Schritt mittels eines Sensors erfasst werden kann. Mittels Vergleich mit vorgegebenen Daten werden die erfassten Daten ausgewertet. Das Verifikationsergebnis wird in einem weiteren Schritt in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs ausgegeben. Insbesondere soll das Verfahren mit einem Smartphone ausgeführt werden, wobei das Blitzlichtmodul des Smartphones als Anregungsquelle und der Fotosensor der Kamera des Smartphones als Detektionseinheit zur Anwendung kommen. Als Leuchtstoffe für das pigmentartige fluoreszierende Druckelement werden anorganische Leuchtstoffe genannt, nämlich nitridische Leuchtstoffe, Europium-dotierte Erdalkaliorthosilikat- und Erdalkalioxyorthosilikatleuchtstoffe, Cer-dotierte Seltenerdmetall-Aluminium-Gallium-Granat-Leuchtstoffe, rotes Licht emittierendes (Ca,Sr)S:Eu<sup>2+</sup> und grünes Licht emittierendes SrGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>:Eu<sup>2+</sup>. Bei den vorgeschlagenen Leuchtstoffen handelt es sich um äußerst schnell abklingende sogenannte LED-Konversionsleuchtstoffe. Es hat sich aber gezeigt, dass es praktisch nicht möglich ist, die Lumineszenzsignale dieser schnell abklingenden Leuchtstoffe direkt während der Blitzlichtanregung sicher zu detektieren, weil die Lumineszenzsignale im Vergleich zum Anregungslicht eine viel zu geringe Intensität aufweisen und von dem intensitätsstarken anregenden Blitzlicht des Smartphones überdeckt werden.

**[0007]** Bei der praktischen Anwendung der im vorgenannten Stand der Technik beschriebenen Leuchtstoffe haben sich zwei bislang ungelöste Probleme gezeigt. Diese vorbekannten Leuchtstoffe werden regelmäßig als sogenannte Konversionsleuchtstoffe zur Herstellung weißer LEDs verwendet, sodass diese Leuchtstoffe regelmäßig auch als strahlungswandelnde Bestandteile in den Blitzlicht-LEDs der handelsüblichen Smartphones enthalten sind. Das bedeutet, dass die Anregungsstrahlung der als Anregungsquelle verwendeten Blitzlichteinheiten der Smartphones mit hoher Wahrscheinlichkeit dieselben Lumineszenzsignale aufweist, wie sie von dem zu untersuchenden Sicherheitsmerkmal erwartet werden. Ein sicherer Echtheitsnachweis der mit derartigen Sicherheitsmerkmalen ausgestatteten Wert- und Sicherheitsdokumente ist bereits aus diesem Grund ausgeschlossen.

**[0008]** Ein zweites Problem resultiert aus dem Umstand, dass die im Stand der Technik für die Verwendung als Sicherheitsmerkmale benannten Leuchtstoffe in aller Regel ebenso kurze Abklingzeiten im ns- bis  $\mu$ s-Bereich aufweisen, wie sie aus den genannten Gründen auch für die Blitzlicht-LED zutreffend sind. Bei einer Anregung mit dem Blitzlicht eines Smartphones werden die vom dem Sicherheitsmerkmal stammenden Emissionen entweder durch das Blitzlicht vollständig überlagert oder sie sind bereits abgeklungen, bevor die Bildaufnahme erfolgt.

Zusammenfassung

**[0009]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals, ein smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal sowie ein Wert- oder Sicherheitsdokument zu schaffen, die ein Sicherheitsmerkmal mit erweiterter Funktionalität aufweisen.

**[0010]** Zur Lösung ist ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals nach dem unabhängigen Anspruch 1 geschaffen. Weiterhin sind ein smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal sowie ein Wert- oder Sicherheitsdokument nach den unabhängigen Ansprüchen 13 und 14 geschaffen. Ausgestaltungen sind Gegenstand von abhängigen Unteransprüchen.

**[0011]** Nach einem Aspekt ist ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals geschaffen, bei dem Folgendes vorgesehen ist: optisches Anregen eines Leuchtstoffs eines Sicherheitsmerkmals, welches zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht, mittels einer Lichtquelle eines Smartphones; Detektieren einer Lumineszenz des Leuchtstoffs, welche der Leuchtstoff auf die optische Anregung abgibt, mittels einer Bilderfassungseinrichtung des Smartphones; und Auswerten von Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals, die während der Abklingzeit mittels der Bilderfassungseinrichtung erfasst werden, mittels einer Auswerteeinrichtung des Smartphones und unter Verwendung einer oder mehrerer Software-Applikationen, die auf dem Smartphone lauffähig installiert sind. Das Auswerten der Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals umfasst hierbei Folgendes: Bestimmen von elektronischen Informationen, die in einem maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher Teil des Sicherheitsmerkmals ist und wenigstens teilweise aus dem Leuchtstoff besteht; Bestimmen eines optischen Parameters für die Lumineszenz in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne; und Vergleichen des optischen Parameters mit einem Referenzparameter, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals zu prüfen.

**[0012]** Nach einem weiteren Aspekt ist ein smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal geschaffen, welches Folgendes aufweist: einen Leuchtstoff, der mittels einer Lichtquelle eines Smartphones zum Abgeben einer Lumineszenz optisch anregbar ist, wobei die Lumineszenz von einer Bilderfassungseinrichtung des Smartphones mittels Bildaufnahmen erfassbar ist; und einen maschinenlesbaren Code, die zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht.

**[0013]** Weiterhin ist ein Wert- oder Sicherheitsdokument mit einem solchen smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmal vorgesehen.

**[0014]** Die vorgeschlagene Technologie ermöglicht einerseits eine Echtheitsprüfung für das Sicherheitsmerkmal mittels eines handelsüblichen Smartphones. Darüber hinaus ist mit dem von dem Sicherheitsmerkmal umfassten maschinenlesbaren Code die Möglichkeit geschaffen, (zusätzliche) elektronische Informationen bereitzustellen, die ebenso unter Nutzung der Funktionalitäten des Smartphones ausgelesen werden können. Die elektronischen Informationen können einer erweiterten Echtheitsprüfung beim Überprüfen des Sicherheitsmerkmals dienen. Aber auch die alternative oder zusätzliche Bereitstellung elektronischer Informationen, die nur zum Teil oder gar nicht der Echtheitsprüfung dienen, kann vorgesehen sein.

**[0015]** Zum Ausführen des Verfahrens werden die mit dem (handelsüblichen) Smartphone bereitgestellten technischen Komponenten genutzt. Der Leuchtstoff ist hergerichtet, um mit seinen optischen Eigenschaften die Überprüfung des Sicherheitsmerkmals mittels Smartphone zu ermöglichen. Hierzu gehört insbesondere das Abklingverhalten der vom Leuchtstoff abgegebenen Lumineszenz (Lichtemission), wenn dieser mittels der Lichtquelle des Smartphones optische angeregt wird. Die vorgesehene Abklingzeit erlaubt es dem Smartphone, in ausreichender Anzahl Bildaufnahmen mittels der Bilderfassungseinrichtung zu detektieren, um das Sicherheitsmerkmal für die Verifizierung zu bestimmen, was insbesondere anhand des optischen Parameters der Lumineszenz erfolgt. Hierbei kann es sich um einen optischen Parameter in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne handeln. Die Frequenzdomäne bezieht sich auf frequenzabhängige Eigenschaften der Lumineszenz. Demgegenüber sind zeitabhängige optische Eigenschaften der Lumineszenz der Zeitdomäne zuzuordnen.

**[0016]** Das Smartphone kann als Bilderfassungseinrichtung eine Kamera aufweisen. Die Lichtquelle ist eingerichtet, Lichtimpulse abzugeben, wozu beispielsweise eine Blitzlicht-LED (lichtemittierende Diode) nutzbar ist. Die für die Lumineszenz des Leuchtstoffs bereitgestellte Abklingzeit erlaubt es, trotz der wegen der kleinen Bauform einfachen oder beschränkten optischen Bildaufnahmefähigkeit des Smartphones Bildaufnahmen in ausreichender Qualität zu erfassen, so dass der optische Parameter der Lumineszenz für die Prüfung der Echtheit des Sicherheitsmerkmals bestimmt und ausgewertet werden kann.

**[0017]** Ein Lösungsaspekt besteht weiterhin darin, dass ein Sicherheitsmerkmal mit einem spezifischen Leuchtstoff ausgerüstet wird, der die oben beschriebenen Probleme umgeht. Der Leuchtstoff ist konfiguriert, einerseits mit einer Lichtquelle des Smartphones bzw. eines gleichartigen mobilen Datenverarbeitungsgerätes, also insbesondere einer Blitzlicht-LED eines Smartphones, anregbar zu sein. Gleichzeitig weist der Leuchtstoff eine solche Lumineszenzcharakteristik auf, die es ermöglicht, die Lumineszenzsignale auch nach Beendigung des Anregungsprozesses noch mit hoher Sicherheit mit der Hilfe der Bilderfassungseinheit desselben Smartphones (mobilen Datenverarbeitungsgerätes) zu detektieren. Dies erfordert neben einer hohen Effizienz der spektralen Anregbarkeit und einer hohen Lumineszenzausbeute vor allem eine an die Ausnahmegeschwindigkeit der Bilderfassungseinheit des Smartphones angepasste Ab-

klingszeit des Leuchtstoffes.

**[0018]** Es wird ein zuverlässig auswertbares Sicherheitsmerkmal bereitgestellt, welches es gestattet, exklusive Lumineszenzeigenschaften wie die spektrale Emissions- und Abklingcharakteristik der zur Erstellung des Sicherheitsmerkmals verwendeten Spezialleuchtstoffe als Echtheitskriterien in die Prüfung einzubeziehen. Zudem kann vorgesehen sein, dass die abklingenden Lumineszenzsignale des Sicherheitsmerkmals weder während noch nach Beendigung der Anregung für das menschliche Auge sichtbar sind. Es hat sich gezeigt, dass die Auswahlmöglichkeiten für die Bereitstellung geeigneter Leuchtstoffe für die Realisierung der aufgezeigten Lösung eher eingeschränkt sind. Dies trifft insbesondere auf die geforderte Abklingcharakteristik zu.

**[0019]** Die auf die optische Anregung abgegebene Lumineszenz des Leuchtstoffs kann eine Abklingzeit im Bereich von 1 ms bis 100 ms aufweisen.

**[0020]** Es kann vorgesehen sein, elektronische Informationen zu bestimmen, die in einem mehrdimensionalen maschinenlesbaren Code codiert sind, bei dem die Lumineszenz einen ersten optischen Parameter und einen zweiten optischen Parameter aufweisen, welcher von dem ersten optischen Parameter verschieden ist. Die Mehrdimensionalität des maschinenlesbaren Codes kann beispielsweise dadurch bereitgestellt und ausgebildet sein, dass die Lumineszenz in unterschiedlichen Bereichen oder Bestandteilen des maschinenlesbaren Codes des Sicherheitsmerkmals farblich verschieden ist. Alternativ oder ergänzend können sich die Abklingzeiten für die Lumineszenz in unterschiedlichen Bereichen oder Bestandteilen des maschinenlesbaren Codes unterscheiden. Hierzu kann vorgesehen sein, dass der Leuchtstoff eine Mischung mehrerer Emittiermaterialien (lumineszierender Materialien) ist. Auch können unterschiedliche Bereiche des maschinenlesbaren Codes aus verschiedenen Emittiermaterialien bestehen, die jeweils Abklingzeiten im Bereich von 1 ms bis 100 ms aufweisen. Derartige maschinenlesbare Codes werden auch als dreidimensionale Codes bezeichnet.

**[0021]** Die elektronischen Informationen können in einem ein- oder mehrdimensionalen QR-Code codiert sein, mit dem der maschinenlesbare Code des Sicherheitsmerkmals gebildet ist. Der QR-Code kann ein zwei- oder ein dreidimensionaler QR-Code sein. In Verbindung mit dem dreidimensionalen QR-Code geltend die vorangehend im Zusammenhang mit dem mehrdimensionalen maschinenlesbaren Code betreffend unterschiedliche optische Parameter gemachten Erläuterungen entsprechend.

**[0022]** Beim Auswerten der Bildaufnahmen können die elektronischen Informationen mit elektronischen Referenzinformationen verglichen werden, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals zu prüfen. Bei dieser Ausführungsform werden die elektronischen Informationen, die aus dem maschinenlesbaren Code im Rahmen der Auswertung der Bildaufnahmen ausgelesen werden, in Ergänzung des optischen Parameters (oder mehrerer optischer Parameter) zur Echtheitsprüfung des Sicherheitsmerkmals herangezogen. Die elektronischen Informationen können bei dieser oder anderen Ausgestaltungen zum Beispiel personenbezogene Informationen umfassen, insbesondere dann, wenn mittels der Überprüfung des Sicherheitsmerkmals die Echtheit eines Identifikationsdokuments geprüft wird.

**[0023]** Das Smartphone kann eine lauffähig installierte Software-Applikation aufweisen, die eingerichtet ist, aus den Bildaufnahmen eine Abklingzeit für die Lumineszenz zu bestimmen und als optischen Parameter für die Lumineszenz in der Zeitdomäne die Abklingzeit der Lumineszenz und mit einer Referenzabklingzeit zu vergleichen. Das Smartphone ist hier mittels der Software-Applikation eingerichtet, zeitaufgelöst das Abklingverhalten der Lumineszenz zu untersuchen und hieraus die Abklingzeit der Lumineszenz zu bestimmen. Das Abklingverhalten von Materialien (Leuchtstoffen), also der Abfall der Intensität des auf einer Anregung abgegebenen Lumineszenz, wird häufig mittels einer einfachen Exponentialfunktion beschrieben:  $I = I_0 e^{-(t/\tau)}$ . Die darin enthaltene Abklingkonstante  $\tau$  bezeichnet diejenige Zeitdauer, bis zu der die Intensität der Lumineszenz nach dem Abschalten der Anregungsquelle auf etwa 37% der Ausgangsintensität abgefallen ist. Das Abklingverhalten des Leuchtstoffs kann auch mehrfach exponentiell sein, wobei hierbei mehrere Zeitkonstanten  $\tau$  zur Abklingkurve beitragen.

**[0024]** Das Smartphone kann eine lauffähig installierte Software-Applikation aufweisen, die eingerichtet ist, aus den Bildaufnahmen einen spektralen Parameter für die Lumineszenz zu bestimmen und als optischen Parameter in der Frequenzdomäne den spektralen Parameter für die Lumineszenz und mit einem spektralen Referenzparameter zu vergleichen. Bei dieser Ausführungsform betrifft der optische Parameter eine spektrale (frequenzabhängige) Eigenschaft der Lumineszenz, also zum Beispiel Lumineszenzanteile unterschiedlicher Wellenlänge. Der spektrale Parameter kann zum Beispiel eine Lichtemission bei einer oder mehreren verschiedenen Wellenlängen betreffen.

**[0025]** Die elektronischen Informationen können den optischen Parameter für die Lumineszenz anzeigend bestimmt werden. Bei dieser Ausgestaltung zeigen die elektronischen Informationen, die beim Auslesen des maschinenlesbaren Codes des Sicherheitsmerkmals bestimmt werden, den oder die optischen Parameter der Lumineszenz an, welche zur Echtheitsprüfung herangezogen werden, also zum Beispiel eine Abklingzeit des Leuchtstoffs. Zum Beispiel kann vorgesehen sein, dass mittels des maschinenlesbaren Codes die Abklingzeit für die Lumineszenz des Leuchtstoffs in dem Sicherheitsmerkmal codiert hinterlegt ist. Alternativ oder ergänzend kann der maschinenlesbare Code einen oder mehrere spektrale Parameter für die Lumineszenz des Leuchtstoffs codiert enthalten.

**[0026]** Die elektronischen Informationen können kryptografische Informationen anzeigend bestimmt werden. Kryptografische Informationen können zum Beispiel einen oder mehrere kryptografische Schlüssel umfassen, die beispiels-

weise für eine asymmetrische Kryptographie nutzbar sind, zum Beispiel für eine anschließende Datenkommunikation unter Verwendung des Smartphones. Alternativ oder ergänzend kann die elektronische Information eine Seriennummer eines Produkts umfassen, auf dem das Sicherheitsmerkmal angeordnet ist. Auch eine signierte Identifikationsnummer kann Teil der elektronischen Informationen sein, die mittels Auswerten des maschinenlesbaren Codes bestimmt werden.

**[0027]** Beim Auswerten Bildaufnahmen kann bestimmt werden, ob eine letzte der Bildaufnahmen frei von Lumineszenz des Leuchtstoffs des Sicherheitsmerkmals ist, und es kann vorgesehen sein, dass das Sicherheitsmerkmal nur dann als echt bestimmt wird, wenn die letzte der Bildaufnahmen frei von Lumineszenz des Leuchtstoffs ist. Sollte beim Auswerten der Bildaufnahmen festgestellt werden, dass die letzte der Bildaufnahmen doch (einen Rest der) Lumineszenz des Leuchtstoffs zeigt, wird das Sicherheitsmerkmal als nicht echt bestimmt.

**[0028]** Für das Auslesen oder Bestimmen der elektronischen Informationen können ausschließlich ein oder mehrere Bildaufnahmen ausgewertet werden, für die eine Präsenz der Lumineszenz des Leuchtstoffs des Sicherheitsmerkmals festgestellt wurde. Alternativ oder ergänzend können die elektronischen Informationen aus einer oder mehreren Bildaufnahmen bestimmt werden, die frei von der Lumineszenz des Leuchtstoffs des Sicherheitsmerkmals sind.

**[0029]** Es kann vorgesehen sein, ein Sicherheitsmerkmal zu prüfen, welches als Leuchtstoff wenigstens ein Material aus der folgenden Gruppe aufweist:  $(Ca_{1-x-y}Ce_xMn_y)_3(Sc_{1-z}/Mn_z)_2Si_3O_{12}$ ; mit  $0 < x \leq 0,1$ ;  $0 < y \leq 0,8$ ; und  $0 < z \leq 0,8$ ; und  $y/z \approx 2$ ; und  $Ca_3Sc_2Si_3O_{12}:Ce^{3+}, Mn^{2+}$ .

**[0030]** Als eine besonders geeignete Leuchtstoffklasse für das Sicherheitsmerkmal haben sich  $Ce^{3+}$ - und  $Mn^{2+}$ -codotierte Silikat-Granat-Leuchtstoffe (CSS) erwiesen, die mit der Formel:  $Ca_aSc_bSi_3O_{12}:Ce^{3+}, Mn^{2+}$  beschrieben werden können. Derartige Leuchtstoffe zeichnen sich durch eine hohe Absorptionsstärke bei 450 nm, eine hohe Lumineszenzintensität und durch einen effizienten Energietransfer zwischen den  $Ce^{3+}$  und den  $Mn^{2+}$  Ionen aus. Gemäß einer alternativen Schreibweise kann der Leuchtstoff mit der Formel:  $(Ca_{1-x}Ce_x)_3(Sc_{1-z}Mn_z)_2Si_3O_{12}$  beschrieben werden, wobei auf der Grundlage der bekannten Ionenradien in der Fachliteratur häufig davon ausgegangen wird, dass die  $Ce^{3+}$  Ionen bevorzugt auf  $Ca^{2+}$  und die  $Mn^{2+}$  Ionen bevorzugt auf  $Sc^{3+}$  Gitterpositionen eingebaut werden.

**[0031]** Bei experimentellen Untersuchungen wurde überraschenderweise festgestellt, dass phasenreine, hocheffiziente und besonders stabile  $Ca_3Sc_2Si_3O_{12}:Ce^{3+}, Mn^{2+}$  Leuchtstoffe vor allem dann gebildet werden, wenn bei der Berechnung der Einwaagen der Ausgangsstoffe davon ausgegangen wird, dass die  $Mn^{2+}$  Ionen sowohl auf  $Ca^{2+}$  als auch auf  $Sc^{3+}$  Plätzen in das Gitter eingebaut werden. Besonders gute Ergebnisse werden erzielt, wenn die Einwaageberechnungen unter der Annahme erfolgen, dass etwa 75% der  $Mn^{2+}$  Coaktivatoren die  $Ca^{2+}$  und etwa 25% die  $Sc^{3+}$  Ionen als Gitterbestandteile ersetzen.

**[0032]** Besonders bevorzugt ist der Leuchtstoff durch folgende allgemeine chemische Formel beschreibbar:  $(Ca_{1-x-y}Ce_xMn_y)_3(Sc_{1-z}Mn_z)_2Si_3O_{12}$  mit  $0 < x \leq 0,1$ ;  $0 < y \leq 0,8$ ;  $0 < z \leq 0,8$ ; wobei ein  $y/z$  Verhältnis von  $\approx 2$  bevorzugt ist. Unter Beachtung der stöchiometrischen Faktoren entspricht dies dem angegebenen Verhältnis für die Besetzung der  $Ca^{2+}$  bzw.  $Sc^{3+}$  Gitterplätze durch  $Mn^{2+}$  Coaktivatorionen.

**[0033]** Mit den beschriebenen  $Ca_3Sc_2Si_3O_{12}:Ce^{3+}, Mn^{2+}$  Materialien werden besonders vorteilhafte Leuchtstoffe bereitgestellt, die Emissionen mit Abklingzeiten zwischen 5 ms und 30 ms aufweisen und deren Lumineszenzsignale auch nach Beendigung der Blitzlichtanregung mit hoher Sicherheit unter Verwendung der Kameramodule handelsüblicher Smartphones detektiert werden können.

**[0034]** Die Emissionsspektren der vorgeschlagenen Leuchtstoffe bestehen aus jeweils drei Banden, die der direkten Lumineszenz der  $Ce^{3+}$  Aktivatorionen (Bande mit einem  $\lambda_{max}$  von etwa 505 nm), sowie den über den  $Ce^{3+} - Mn^{2+}$  Energietransfer ermöglichten Emissionen der auf den unterschiedlichen Gitterplätzen positionierten  $Mn^{2+}$  Coaktivatoren zugeordnet werden können. Die Maxima der zuletzt genannten Emissionsbanden liegen in etwa bei 570 nm ( $Mn^{2+}$  auf  $Ca^{2+}$  Platz) und bei etwa 700 nm ( $Mn^{2+}$  auf  $Sc^{3+}$  Platz).

**[0035]** Die relativen Intensitäten der unterschiedlichen Emissionsbanden können über die Konzentrationen der Aktivator- und Coaktivatorionen sowie über die jeweiligen Konzentrationsverhältnisse variiert und eingestellt werden. Zudem weisen die einzelnen Emissionen unterschiedliche spektrale Abklingzeiten auf. Während die Abklingzeit der quantenmechanisch erlaubten  $Ce^{3+}$  Emission im Nanosekunden-Bereich liegt, werden für die beiden aus quantenmechanisch verbotenen optischen Übergängen resultierenden  $Mn^{2+}$  Emissionsbanden Abklingzeiten im einstelligen ( $Mn^{2+}$  auf  $Ca^{2+}$  Platz) bzw. im zweistelligen Millisekunden-Bereich ( $Mn^{2+}$  auf  $Sc^{3+}$  Platz) erreicht.

**[0036]** Die Tatsache, dass sich die im grünen Spektralbereich anzutreffenden Emissionsbanden mit Maxima bei etwa 505 nm und 570 nm aufgrund ihrer vergleichsweise großen Halbwertbreiten in einem ausgeprägten Maße überlagern, führt auch zu einer Überlagerung der Abklingkurven dieser Emissionen. Dennoch sind die modifizierten CSS-Leuchtstoffe durch unterschiedliche spektrale Abklingkurven mit unterscheidbaren Abklingzeiten charakterisiert. Andererseits ergibt sich aus dieser Konstellation, dass sich für den Fall, dass bei den Abklingmessungen der gesamte sichtbare Spektralbereich detektiert wird, eine signifikante Farbverschiebung der abklingenden Lumineszenz der Leuchtstoffe ergibt. Weiterhin hat sich gezeigt, dass die einzelnen Emissionsbanden auf Grund ihrer charakteristischen Überlagerungen keine monoexponentiellen Abklingkurven aufweisen. Charakteristisch sind vielmehr bi- bzw. triexponentielle Abklingkurven.

**[0037]** Das beschriebene spezielle Abklingverhalten trägt in hohem Maße zur Exklusivität der  $Ca_3Sc_2Si_3O_{12}:Ce^{3+}, Mn^{2+}$  Leuchtstoffe bei. Hinzu kommen weitere Eigenschaften, die diese Leuchtstoffe für die Anwen-

5 dung in lumineszierenden Sicherheitsmerkmalen, deren Anwesenheit und Echtheit mit der Hilfe handelsüblicher Smartphones verifiziert werden kann, empfehlen. Zum einen sind die Leuchtstoffe im ultravioletten Spektralbereich praktisch nicht anregbar und zum anderen ist die Körperfarbe der entsprechenden Lumineszenzpigmente so beschaffen, dass sie leicht an die Farbdesigns der zu schützenden Sicherheits- und Wertdokumente (Banknoten, Ausweise, Reisepässe, Führerscheine etc.) angepasst bzw. von den zur Herstellung dieser Dokumente verwendeten Druckfarben überdeckt werden kann. Das bedeutet, dass die Anwesenheit der als Sicherheitsmerkmal in die Sicherheitsdokumente eingebrachten CSS:Ce<sup>3+</sup>,Mn<sup>2+</sup> Leuchtstoffe vom Betrachter weder mit dem bloßen Auge noch unter Zuhilfenahme üblicher UV-Anregungsquellen erkannt werden kann.

10 **[0038]** Es kann vorgesehen sein, dass bei UV-Anregung wirkungsvoll lumineszierende, schnell abklingende Leuchtstoffe zu den nahezu ausschließlich im sichtbaren Spektralbereich emittierenden, vorzugsweise bei 450 nm anregbaren Leuchtstoffen mit verzögertem Abklingverhalten hinzugefügt werden. Die bei UV-Anregung deutlich wahrnehmbare stationäre Photolumineszenz der entsprechenden Zusatzkomponenten kann als eine sicherheitserhöhende Maskierung der in die Sicherheitsdokumente integrierten Sicherheitsmerkmale dienen.

15 **[0039]** Auch wenn die Auswahlmöglichkeiten für die Bereitstellung der für die Realisierung der aufgezeigten Lösung benötigten Leuchtstoffe stark eingeschränkt sind, gibt es neben den Ca<sub>3</sub>Sc<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>12</sub>:Ce<sup>3+</sup>,Mn<sup>2+</sup> Leuchtstoffen doch einige weitere Materialien, die auf Grund ihres Abklingverhaltens zur Herstellung des vorgeschlagenen Sicherheitsmerkmals eingesetzt werden könnten.

20 **[0040]** In der nachfolgenden Tabelle sind einige der auf ihre Eignung getesteten Leuchtstoffkompositionen einschließlich der für die Anwendung relevanten Lumineszenzeigenschaften zusammengestellt.

Verbindung	$\lambda_{em}$ [nm]	Abklingzeit $\tau$ [ms]	Lumineszenzausbeute	Anregbarkeit bei 450 nm
Ce <sup>3+</sup> /Eu <sup>3+</sup> -,Mn <sup>3+</sup> - koaktivierte Verbindungen			hoch	
Ca <sub>3</sub> Sc <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>12</sub> : Ce <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	470 - 900	5-30		stark
Ca <sub>3</sub> Sc <sub>2</sub> Ge <sub>3</sub> O <sub>12</sub> : Ce <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	470 - 850	5- 15		schwach
Sr <sub>3</sub> SC <sub>2</sub> Ge <sub>3</sub> O <sub>12</sub> : Ce <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	470 - 800	3- 15		moderat
Ca <sub>9</sub> MgNa(PO <sub>4</sub> ) <sub>7</sub> : Eu <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	500 - 750	~ 26		schwach - moderat
BaMg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> : Ce <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup> ,Dy <sup>3+</sup>	570 - 800	5- 10		schwach - moderat
BaMg <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> : Mn <sup>3+</sup> ,Dy <sup>3+</sup>	570 - 800	~ 5		schwach
CaSiO <sub>3</sub> : Eu <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	550 - 700	10 - 20		schwach - moderat
Ca <sub>2</sub> F <sub>2</sub> O <sub>7</sub> : Eu <sup>3+</sup> ,Mn <sup>3+</sup>	400 - 660	10 - 20		schwach
Cr <sup>3+</sup> - aktivierte Verbindungen			hoch	
ZnGa <sub>2</sub> O <sub>4</sub> : Cr <sup>3+</sup> ,Bi <sup>3+</sup>	650 - 770	5 - 10		moderat
Zn <sub>3</sub> Ga <sub>2</sub> SnO <sub>8</sub> : Cr <sup>3+</sup> , Bi <sup>3+</sup>	660 - 820	1 - 5		moderat
Mn <sup>4+</sup> -aktivierte Verbindungen			hoch	
BaGeF <sub>6</sub> : Mn <sup>4+</sup>	~ 634	~ 6		moderat
K <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> : Mn <sup>4+</sup>	~ 631	~ 8		moderat - stark

55 **[0041]** Insbesondere enthält die Tabelle Angaben zu den gemessenen Maxima der jeweiligen Emissionsbanden und zu den Abklingzeiten. Zur Bewertung der Lumineszenzausbeute und der spektralen Anregbarkeit bei 450 nm wurde

eine verbale Skalierung verwendet.

**[0042]** Bei den aufgeführten Leuchtstoffen handelt es sich im Wesentlichen um  $Ce^{3+}$ - und  $Mn^{2+}$ - codotierte Silikat-Granate bzw. Germanat-Granate, um mit  $Mn^{2+}$ - Ionen aktivierte und gegebenenfalls zusätzlich mit bestimmten Seltenerdionen ( $Ce^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ ,  $Dy^{3+}$ ) coaktivierte komplexe silikatische oder phosphatisch Grundgitter, um  $Cr^{3+}$ - aktivierte Gallatverbindungen sowie um die  $Mn^{4+}$ - aktivierte Leuchtstoffe  $BaGeF_6:Mn^{4+}$  und  $K_2SiF_6:Mn^{4+}$ . Diese Auflistung besitzt keinen abschließenden Charakter. Es ist davon auszugehen, dass darüber hinaus auch weitere geeignete Leuchtstoffe zur Realisierung des Sicherheitsmerkmals in seinen verschiedenen Ausgestaltungen zur Verfügung stehen.

**[0043]** In diesem Zusammenhang ist es als äußerst vorteilhaft zu betrachten, als geeignet erscheinende Leuchtstoffe durch gezielte Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung, d.h. durch gezielt vorgenommene Substitutionen im Kationen- und / oder Anionenteilgitter, so zu modifizieren, dass sich ihre Lumineszenzeigenschaften, insbesondere ihre charakteristischen Abklingzeiten, deutlich von den in der Fachliteratur beschriebenen Daten unterscheiden. Auf diese Weise können die Exklusivität der verzögert abklingenden lumineszierenden Materialien und die Fälschungssicherheit der entsprechenden Sicherheitsmerkmale deutlich erhöht werden.

**[0044]** Mittels des Überprüfens des Sicherheitsmerkmals kann die Echtheit eines Wert- oder Sicherheitsdokuments geprüft werden, auf dem das smartphone-verifizierbare Sicherheitsmerkmal angeordnet ist.

**[0045]** Die vorangehend im Zusammenhang mit dem Verfahren zum Überprüfen des smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals erläuterten Ausgestaltungen gelten in Verbindung mit dem smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmal sowie dem Wert- oder Sicherheitsdokument entsprechend.

**[0046]** In einem anderen Beispiel ist ein Verfahren zum Überprüfen eines Sicherheitsmerkmals auf einem Artikel oder einem Objekt, insbesondere einem Wert- oder Sicherheitsdokument, vorgesehen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: optisches Anregen eines Leuchtstoffs eines Sicherheitsmerkmals, welches auf einem Artikel oder Objekt angeordnet ist und zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht, mittels einer Lichtquelle eines Smartphones; Detektieren einer Lumineszenz des Leuchtstoffs, welche der Leuchtstoff auf die optische Anregung abgibt, mittels einer Bilderfassungseinrichtung eines tragbaren Prüfgeräts, wobei die Lumineszenz zum Beispiel eine Abklingzeit im Bereich von 1 ms bis 100 ms aufweisen kann; und Auswerten von Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals, die während der Abklingzeit mittels der Bilderfassungseinrichtung erfasst werden, mittels einer Auswerteeinrichtung des tragbaren Prüfgeräts und unter Verwendung einer oder mehrerer Software-Applikationen, die auf dem tragbaren Prüfgerät lauffähig installiert sind. Das Auswerten umfasst hierbei Folgendes: Bestimmen von elektronischen Informationen, die in einem maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher Teil des Sicherheitsmerkmals ist und wenigstens teilweise aus dem Leuchtstoff besteht; Bestimmen eines optischen Parameters für die Lumineszenz in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne; und Vergleichen des optischen Parameters mit einem Referenzparameter, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals zu prüfen. Das tragbare Prüfgerät kann eine beliebiges Handgerät sein, welches eingerichtet ist, Licht für die optische Anregung des Leuchtstoffs bereitzustellen und die Bildaufnahmen zu erfassen. Nicht nur Wert- und Sicherheitsdokumente können mittels Verifizieren des Sicherheitsmerkmals so auf Echtheit geprüft werden, sondern auch beliebige andere Artikel oder Objekte, auf denen das Sicherheitsmerkmal mit dem maschinenlesbaren Code aufgebracht ist. Das Prüfgerät erlaubt dann auch das Auslesen der (zusätzlichen) elektronischen Informationen, die im maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher seinerseits Teil des Sicherheitsmerkmals ist.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0047]** Im Folgenden werden weitere Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf Figuren einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform eines Sicherheitsmerkmals auf einem Sicherheitsdokument in Gestalt einer Banknote;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung von Komponenten einer Anordnung zur Verifikation des Sicherheitsmerkmals;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung des An- und Abklingverhaltens eines Leuchtstoffes des Sicherheitsmerkmals bei Blitzlichtanregung;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung für ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphoneverifizierbaren Sicherheitsmerkmals der Verifikation des Sicherheitsmerkmals;
- Fig. 5 ein Anregungsspektrum der 700 nm Emissionsbande eines Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1;
- Fig. 6 ein Emissionsspektrum der bei 450 nm angeregten stationären Photolumineszenz des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1;
- Fig. 7 spektrale Abklingkurven der unterschiedlichen Emissionsbanden eines im Ausführungsbeispiel 1 beschriebenen Leuchtstoffes;
- Fig. 8 eine Farbverschiebung der über den gesamten sichtbaren Spektralbereich detektierten, abklingenden Lumineszenz des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1, dargestellt anhand des zeitlichen Verlaufes der x-y-Farbkoordinaten in der CIE-Normfarbtafel;

Fig. 9 Emissionsspektren der stationären Photolumineszenz der bei 450 nm angeregten Leuchtstoffe gemäß der Ausführungsbeispiele 2 und 3; und

Fig. 10 Abklingkurven der Hauptemissionsbanden der bei 450 nm angeregten Leuchtstoffe gemäß der Ausführungsbeispiele 2 und 3;

5

**[0048]** Fig. 1 zeigt ein Sicherheitsmerkmal 1, welches auf einem Wertdokument, nämlich einem symbolisiert dargestellten Sicherheitsdokument 2 in Form einer Banknote aufgebracht ist. Das Sicherheitsmerkmal dient dem Echtheitsnachweis des Sicherheitsdokuments 2. Das Sicherheitsmerkmal 1 weist hier eine Sternform auf. Es ist unterhalb eines sichtbaren Merkmals 3, in diesem Fall des Nominalwertes der Banknote, positioniert. Das Sicherheitsmerkmal 1 besteht aus einem mittels der Beleuchtungseinheit eines Smartphones vorzugsweise im blauen Spektralbereich zur im ms-Bereich abklingenden Lumineszenz anregbaren Leuchtstoff, wie er vorangehend beschrieben wurde.

10

**[0049]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Anordnung zur Verifikation des Sicherheitsmerkmals 1, wobei das Sicherheitsmerkmal 1 mittels einer Beleuchtungseinheit 4 einer Bildaufnahmeeinheit 6 eines mobilen Endgerätes, nämlich eines Smartphones 7, zur Lumineszenz angeregt wird, indem die Beleuchtungseinheit 4 Anregungslicht, insbesondere weißes LED-Blitzlicht 8 mit einem spektralen Maximum von etwa 450 nm erzeugt. Das Blitzlicht 08 besitzt eine Intensität IA. Während der Anregung emittiert der Leuchtstoff des Sicherheitsmerkmals 1 eine stationäre elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Spektralbereich, welche nach dem Ende der Anregung im ms- Bereich abklingt. Die abklingende Emission IE des Leuchtstoffes wird mit einer Kamera 9 der Bildaufnahmeeinheit 06 des Smartphones 7 durch Auslösen einer Serien- oder Videoaufnahme detektiert. Weiterhin detektiert die als Detektor arbeitende Kamera 9 eine auf das Sicherheitsmerkmal 1 und die Banknote 2 auftreffende und dort reflektierte Umgebungsstrahlung I0 des Tages- oder Raumlichtes. Der Einfluss der Umgebungsstrahlung I0 kann beim Verfahren dadurch gering gehalten werden, dass ein Abstand  $d$  zwischen dem Sicherheitsmerkmal 1 und dem Smartphone 7 gering gehalten wird. Durch den geringen Abstand  $d$ , der vorzugsweise unterhalb des Scharfbereichs der Bildaufnahmeeinheit 6 liegt, schirmt das Smartphone 7 die Umgebungsstrahlung I0 größtenteils ab. Für die sichere Verifizierung der diffusen Lumineszenzsignale des Sicherheitsmerkmals werden nämlich keine scharfen Bildaufnahmen benötigt.

15

20

25

**[0050]** Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung des An- und Abklingverhaltens des Leuchtstoffes, der im Sicherheitsmerkmal 1 verwendet wird. Im Diagramm ist eine Emissionskurve 11 des zur Lumineszenz angeregten Sicherheitsmerkmals 1 entlang einer Zeitachse  $t$  dargestellt. Weiterhin ist eine Blitzlicht- Anregungskurve 12 entlang der Zeitachse aufgetragen. Wird der Einzelblitz mittels des Smartphones 7 (Fig. 2) erzeugt, steigt die LED-Blitzlicht-Anregungskurve 12 steil an, hält ihr Niveau für kurze Zeit und sinkt dann im ns- bis  $\mu$ s-Bereich auf null ab. Durch die elektromagnetische Strahlung des Blitzlichtes wird der Leuchtstoff des Sicherheitsmerkmals 1 zur Lumineszenz angeregt, wobei dessen Emissionskurve 11 nahezu zeitgleich mit der Blitzlicht-Anregungskurve 12 ansteigt. Die Emission des Leuchtstoffes 11 klingt nach Beendigung der Blitzlichtanregung 12 deutlich langsamer als die anregende Strahlung der vorzugsweise mit weiß emittierenden LED ausgestatteten Beleuchtungseinheit des Smartphones ab. Die Abklingzeit des Leuchtstoffes liegt im ms- Bereich.

30

35

**[0051]** Unterhalb der Zeitachse sind in Fig. 3 einzelne durch den Detektor 9 des Smartphones 7 (Fig. 2) erfasste Bilder 13 des Sicherheitsmerkmals 1 dargestellt. Die Bildaufnahmen 13 zeigen die abklingende Emissionsintensität des Sicherheitsmerkmals 1 anhand der mit der Zeit geringer werdenden Helligkeit des beispielhaft verwendeten Stern-Musters. Nach dem im Wesentlichen vollständigen Abklingen der Emission des Leuchtstoffes kann als letztes Bild der aufgenommenen Bildfolge ein Referenzbild 14b erfasst werden. Je nach Auswerteverfahren kann ein zusätzliches Referenzbild 14a (Startbild) auch vor der Aktivierung der Anregungsstrahlung (Auslösen des Blitzes) aufgenommen werden. Optional kann zur Absicherung der Verfügbarkeit eines für die Berechnung der Bilddifferenzen erforderlichen Referenzbildes gegebenenfalls bereits vor dem Auslösen der für die Detektion der abklingenden Lumineszenzsignale des Sicherheitsmerkmals entscheidenden Serien- oder Videoaufnahmen als ein zusätzliches Referenzbild ein Startbild 14a aufgenommen werden.

40

45

**[0052]** Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung für ein Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals, zum Beispiel unter Verwendung der Anordnung aus Fig. 2. Im Schritt 40 wird ein Leuchtstoff des Sicherheitsmerkmals 1, welches zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht, mittels einer Lichtquelle des Smartphones 1 optisch angeregt, wobei hierbei das von der Beleuchtungseinheit 4 abgegebene Licht auf das Sicherheitsmerkmal 1 eingestrahlt wird, zum Beispiel in Form von einem oder mehreren Blitzlichtimpulsen. Der Leuchtstoff reagiert auf diese Anregung mittels Lumineszenz (Schritt 41). Im Schritt 42 werden ein oder mehrere Bildaufnahmen mittels der Kamera 9 des Smartphones 7 erfasst oder aufgenommen. Die Lumineszenz des Leuchtstoffes klingt mit einer Abklingzeit entsprechend ab. In einer Ausführung umfassen die Bildaufnahmen wenigstens eine Bildaufnahme, die im Wesentlichen frei von der Lumineszenz des Leuchtstoffes ist.

50

55

**[0053]** Im Schritt 43 werden die Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals 1, die während der Abklingzeit mittels der eine Bilderfassungseinrichtung bildenden Kamera 9 erfasst werden, mit Hilfe einer Auswerteeinrichtung des Smartphones 7 und unter Verwendung einer oder mehrerer Software-Applikationen, die auf dem Smartphone 7 lauffähig installiert sind, ausgewertet. Hierzu weist die Auswerteeinrichtung des Smartphones 7 wenigstens einen Prozessor auf, dem ein

lokaler Datenspeicher zugeordnet sein kann. Das Auswerten der Bildaufnahmen kann vollständig lokal im Smartphone 7 stattfinden oder alternativ Teilschritte zur Datenverarbeitung umfassen, die auf einer externen Recheneinrichtung (nicht dargestellt) ausgeführt werden, zum Beispiel einem entfernten Server. Hierzu kann das Smartphone mit der externen Recheneinrichtung Daten austauschen, insbesondere über eine kabellose Datenkommunikationsverbindung.

**[0054]** Beim Auswerten der Bildaufnahmen werden elektronische Informationen bestimmt, die in einem maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher Teil des Sicherheitsmerkmals 1 ist und wenigstens teilweise aus dem Leuchtstoff besteht. Die elektronischen Informationen können in einem ein- oder mehrdimensionalen QR-Code codiert sein, mit dem der maschinenlesbare Code des Sicherheitsmerkmals 1 gebildet ist. Der QR-Code kann ein zwei- oder ein dreidimensionaler QR-Code sein. Software-Applikation zum Auswerten (Auslesen) solcher maschinenlesbarer Codes sind als solche in verschiedenen Ausführungen bekannt.

**[0055]** Die elektronischen Informationen können dann im lokalen Speicher des Smartphones 1 und / oder einem externen Speicher (nicht dargestellt) gespeichert werden.

**[0056]** Das Auswerten der Bildaufnahmen umfasst weiterhin ein Bestimmen eines optischen Parameters für die Lumineszenz des Leuchtstoffs in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne. Zum Beispiel wird aus den Bildaufnahmen die Abklingzeit des Leuchtstoffs bestimmt. Dieses kann anhand der Bildaufnahmen ausgeführt werden, die eine zeitliche Abfolge von Bildaufnahmen nach der optischen Anregung darstellen, so dass der zeitliche Verlauf der Lumineszenz in den elektronischen Bilddaten auswertbar dokumentiert ist. Der so bestimmte optische Parameter wird dann mit einem Referenzparameter verglichen, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals 1 zu prüfen. Der Referenzparameter ist zu diesem Zweck zum Beispiel im lokalen Speicher des Smartphones gespeichert.

**[0057]** Das Bestimmen des optischen Parameters kann im Rahmen einer Emissions-Analyse ausgeführt werden. Hierbei können die aufgenommenen Bildserien mit Referenzaufnahmen verglichen werden, zum Beispiel zum Bestimmen von Differenzbildern. Neben der Berechnung der Bilddifferenzen und ihrer Analyse, können hierbei Methoden der Bildverarbeitung wie beispielsweise die Kontrastanpassung und die Histogrammanalyse der unterschiedlichen Farbkäle zur Anwendung kommen, um so wahlweise sowohl die spektrale Emissions- als auch die exklusive Abklingcharakteristik des verwendeten Leuchtstoffes zu verifizieren. Mittels Vergleich der berechneten / bestimmten optischen Parameter mit den vorzugsweise im Datenspeicher des Smartphones 7 hinterlegten Echtheits- / Vergleichsparametern des Sicherheitsmerkmals 1 kann die Echtheit des geprüften Sicherheitsdokuments in einem Schritt 44 bestätigt werden. Insbesondere kann durch die Verifikation des Sicherheitsmerkmals 1 auf dem Sicherheitsdokument die Authentizität und Integrität des Sicherheitsdokuments bestätigt werden.

**[0058]** Fig. 5 zeigt ein Anregungsspektrum 121 der 700 nm Emissionsbande eines Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1. Zur Herstellung dieses Leuchtstoffes werden 0,2822 g  $\text{CaCO}_3$ , 0,5335 g  $\text{Sc}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 10,723\text{H}_2\text{O}$ , 0,1803 g  $\text{SiO}_2$ , 0,0052 g  $\text{CeO}_2$ , und 0,0358 g  $\text{Mn}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  durch Mörsern unter Zugabe von Aceton vollständig homogenisiert. Nach dem Verdampfen des Lösungsmittels wird das trockene Pulvergemisch in einen Korundtiegel überführt. Die Probe wird zuerst in einem Kammerofen bei 500 °C für 2 h in Luftatmosphäre vorkalziniert und anschließend in einem Rohrofen bei 1400 °C für 4 h in 5%  $\text{H}_2$ / 95%  $\text{N}_2$  Atmosphäre geglüht. Das resultierende Produkt wird anschließend gesiebt. Dieser Leuchtstoff weist die Formel  $(\text{Ca}_{2,82}\text{Ce}_{0,03}\text{Mn}_{0,15})(\text{Sc}_{1,95}\text{Mn}_{0,05})\text{Si}_3\text{O}_{12}$  auf. Das Anregungsspektrum verdeutlicht, dass der beispielhafte erfinderische Leuchtstoff eine maximale spektrale Anregbarkeit im Bereich von 440 bis 450 nm aufweist.

**[0059]** Fig. 6 zeigt ein entsprechendes Emissionsspektrum 111 des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1 bei 450 nm Anregung. Es zeigt sich, dass der über die Leuchtstoffzusammensetzung und die gewählten Präparationsbedingungen speziell konfigurierte Leuchtstoff breitbandige Emissionen über den gesamten sichtbaren Spektralbereich aufweist. Es werden drei Emissionsbanden mit Maxima bei etwa 505 nm, 570 nm und etwa 700 nm sichtbar, wobei die Bande mit einem Maximum von etwa 700 nm die höchste relative Intensität aufweist. Wie bereits beschrieben, lassen sich diese Banden der direkten Lumineszenz der  $\text{Ce}^{3+}$  Aktivatorionen ( $\text{Ce}^{3+}$  auf  $\text{Ca}^{2+}$ -Platz), sowie den über den  $\text{Ce}^{3+}$  -  $\text{Mn}^{2+}$  Energietransfer ermöglichten Emissionen der auf den unterschiedlichen Gitterplätzen positionierten  $\text{Mn}^{2+}$  Coaktivatoren ( $\text{Mn}^{2+}$  auf  $\text{Ca}^{2+}$ -Platz bzw.  $\text{Mn}^{2+}$  auf  $\text{Sc}^{3+}$ -Platz) zuordnen.

**[0060]** Fig. 7 zeigt die spektralen Abklingkurven der einzelnen Emissionsbanden. Die Kurve 1311 ist die Abklingkurve für die 505 nm Emission, die Kurve 1312 ist die Abklingkurve für die 570 nm Emission, und die Kurve 1313 ist die Abklingkurve für die 700 nm Emission. Es ist deutlich erkennbar, dass sich die spektralen Abklingkurven für die einzelnen Emissionen signifikant unterscheiden. Wie bereits erläutert, wird für die Emission mit einem Maximum von etwa 505 nm ein Abklingen im Nanosekunden-Bereich festgestellt, während die Lumineszenzbanden mit Maxima von etwa 570 bzw. etwa 700 nm Abklingzeiten im einstelligen bzw. im zweistelligen Millisekunden-Bereich aufweisen. Für den Fachmann wird darüber hinaus sichtbar, dass die einzelnen Abklingkurven mit großer Wahrscheinlichkeit nicht exponentiell verlaufen. Vielmehr scheinen die gemessenen Kurven multiexponentielle Abklingcharakteristika aufzuweisen.

**[0061]** Fig. 8 veranschaulicht den Farbschift, der resultiert, wenn die abklingende Lumineszenz über den gesamten sichtbaren Spektralbereich detektiert wird. Dabei zeigt die Fig. 8 zunächst eine schematische Darstellung einer CIE-Normfarbtafel des CIE-Normvalenzsystems. Das CIE-Normvalenzsystem wurde 1931 definiert, um eine Relation zwischen der menschlichen Farbwahrnehmung und den physikalischen Ursachen des Farbreizes herzustellen und erfasst

typischerweise die Gesamtheit aller wahrnehmbaren Farben, wobei sich die Farbwahrnehmung auf die eines definierten Normalbeobachters bezieht. Jede Farbe oder jedwedes Emissionsspektrum eines Selbstleuchters wird in der CIE-Normwerttafel durch eine einzige x-y- Koordinate abgebildet. Die Farbkoordinaten der in Abhängigkeit von der Zeit des Abklingens integral gemessenen Lumineszenzsignale sind in der Fig. 8 anhand der mit den Bezugszeichen 140 bis 147 Elemente dargestellt. Gleichzeitig können die für einen Leuchtstoff gemäß Ausführungsbeispiel 1 ermittelten Daten der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Bezugszeichen	Abklingzeit in ms	Farbkoordinaten	
		x	y
140	0	0,385	0,528
141	1	0,515	0,472
142	10	0,521	0,465
143	20	0,534	0,453
144	30	0,554	0,432
145	40	0,577	0,407
146	50	0,595	0,385
147	60	0,603	0,374

**[0062]** Der tendenziell vom grünen in den roten Spektralbereich führende Farbshift resultiert aus der Überlagerung der in der Fig. 6 dargestellten Emissionsbanden sowie aus den Unterschieden und der Überlagerung der entsprechenden in der Fig. 7 dargestellten Abklingkurven des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1. Das beschriebene spezielle Abklingverhalten trägt in hohem Maße zur Exklusivität des  $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$ - Leuchtstoffes bei.

**[0063]** Fig. 9 zeigt die Emissionsspektren 1123, 113 der stationären Photolumineszenz der bei 450 nm angeregten Leuchtstoffe gemäß den Ausführungsbeispielen 2 und 3. Fig. 10 zeigt die zugehörigen Abklingkurven 132, 133 der Hauptemissionsbanden der bei 450 nm angeregten Leuchtstoffe gemäß der Ausführungsbeispiele 2 und 3.

**[0064]** Zur Herstellung des Leuchtstoffes nach Ausführungsbeispiel 2 werden 0,2898 g  $\text{CaCO}_3$ , 0,1362 g  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , 0,1803 g  $\text{SiO}_2$ , 0,0130 g  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0,0179 g  $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  und 1,8170 g Tris(hydroxymethyl)aminomethan unter Rühren und Erhitzen auf einer Heizplatte in einem Gemisch aus 10 ml Salpetersäure und 100 ml Wasser vollständig gelöst. Anschließend wird die Flüssigkeit solange eingedampft, bis sich das übrig bleibende Gel entzündet und ein schwarzer Schaum entsteht. Dieser Schaum wird zuerst bei 150 °C in einem Trockenschrank getrocknet, danach fein gemörsert und in einen Porzellantiegel überführt. In einem ersten Heizschritt wird das Gemisch zum Zwecke der Zersetzung verbliebener organischer Restbestandteile für 2 h bei 1000 °C in der Luftatmosphäre eines Kammerofens geglüht. Anschließend wird das nunmehr eine weiße Körperfarbe aufweisende Glühgut mit zwei Massenprozent Borsäure vermengt und erneut diesmal für 4 h bei 1300 °C in einer 5 %-igen Formiergas-Atmosphäre geglüht. Der resultierende Leuchtstoff weist die Zusammensetzung  $(\text{Ca}_{2,895}\text{Ce}_{0,03}\text{Mn}_{0,075})(\text{Sc}_{1,975}\text{Mn}_{0,025})\text{Si}_3\text{O}_{12}$  auf. Die Kurve 112 in der Fig. 9 zeigt das Emissionsspektrum dieses Leuchtstoffes. In der Fig. 10 bezeichnet die Kurve 132 die Abklingkurve für diesen bevorzugt im grünen Spektralbereich emittierenden Leuchtstoff.

**[0065]** Zur Herstellung des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 3 mit der Zusammensetzung  $(\text{Ca}_{2,745}\text{Ce}_{0,03}\text{Mn}_{0,225})(\text{Sc}_{1,925}\text{Mn}_{0,075})\text{Si}_3\text{O}_{12}$  werden 0,2747 g  $\text{CaCO}_3$ , 0,1327 g  $\text{Sc}_2\text{O}_3$ , 0,1803 g  $\text{SiO}_2$ , 0,0130 g  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 0,0537 g  $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  und 1,8170 g Tris(hydroxymethyl)aminomethan unter Rühren und Erhitzen in einem Gemisch aus 10 ml Salpetersäure und 100 ml Wasser gelöst. Anschließend wird die Flüssigkeit eingedampft, bis sich das entstehende Gel entzündet. Der entstehende schwarze Schaum wird bei 150 °C in einem Trockenschrank getrocknet, danach fein gemörsert und in einen Porzellantiegel überführt. Nach einer ersten zweistündigen Glühung bei 1000 °C in der Luftatmosphäre eines Kammerofens sowie dem anschließenden Hinzumischen von zwei Massenprozent Borsäure zu dem abgekühlten Glühgut erfolgt eine erneute vierstündige thermische Behandlung bei 1100 °C in einer 5 %-igen Formiergas-Atmosphäre. Das bei 450 nm Anregung gemessenen Emissionsspektrum des erhaltenen Leuchtstoffes ist in der Kurve 113 der Fig. 9 dargestellt, die zugehörige Abklingkurve ist der Kurve 133 der Fig. 10 zu entnehmen.

**[0066]** Die beiden Ausführungsbeispiele und die dazugehörigen Figuren zeigen noch einmal mit aller Deutlichkeit, dass es sich bei den  $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$ - Leuchtstoffen um eine besonders geeignete Leuchtstoffklasse für die Ausbildung eines Sicherheitsmerkmals handelt. Durch Variation der Leuchtstoffzusammensetzung und der Präparationsbedingungen lassen sich zahlreiche exklusive Leuchtstoffkompositionen mit unterschiedlichem Abklingverhalten und unterscheidbarer Emissionsspektren und mit einer aus diesem Grunde ausgeprägt hohem Sicherheits- und Echtheitsniveau erstellen. Die exklusiven Eigenschaften der zum Schutze von Wert- und Sicherheitsdokumenten in der Form

von Sicherheitsmerkmalen anwendbaren Leuchtstoffe können mit der Hilfe handelsüblicher Smartphones sicher verifiziert werden.

[0067] Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen sowie der Zeichnung offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der verschiedenen Ausführungen von Bedeutung sein.

Bezugszeichenliste

[0068]

- 1 Sicherheitsmerkmal
- 2 Sicherheitsdokument / Banknote
- 3 Nominalwert
- 4 Beleuchtungseinheit
- 6 Bildaufnahmeeinheit
- 7 Smartphone
- 8 Blitzlicht
- 9 Kamera / Detektor
- 11 Emissionskurve
- 12 Blitzlicht-Anregungskurve
- 13 Bildaufnahme des Sicherheitsmerkmals 01
- 14a Startbild
- 14b Referenzbild
- 15 CIE- Normalfarbtafel
  
- 40 - 43 Verfahrensschritte
  
- 111 Emissionsspektrum des Leuchtstoffs gemäß Ausführungsbeispiel 1
- 112 Emissionsspektrum des Leuchtstoffs gemäß Ausführungsbeispiel 2
- 113 Emissionsspektrum des Leuchtstoffs gemäß Ausführungsbeispiel 3
- 121 Anregungsspektrum des Leuchtstoffs gemäß Ausführungsbeispiel 1
- 1311 Abklingkurve für die 505 nm-Emission des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1
- 1312 Abklingkurve für die 570 nm-Emission des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1
- 1313 Abklingkurve für die 700 nm-Emission des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1
- 132 Abklingkurve der vorwiegend grünen Emission des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 2
- 133 Abklingkurve der vorwiegend grünen Emission des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 3
- 140 - 147 x-y-Farbkoordinaten der abklingenden integralen Lumineszenz des Leuchtstoffes gemäß Ausführungsbeispiel 1

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Überprüfen eines smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmals, mit

- optischem Anregen eines Leuchtstoffs eines Sicherheitsmerkmals (1), welches zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht, mittels einer Lichtquelle eines Smartphones (7);
- Detektieren einer Lumineszenz des Leuchtstoffs, welche der Leuchtstoff auf die optische Anregung abgibt, mittels einer Bilderfassungseinrichtung (9) des Smartphones (7); und
- Auswerten von Bildaufnahmen des Sicherheitsmerkmals (1), die während der Abklingzeit mittels der Bilderfassungseinrichtung (9) erfasst werden, mittels einer Auswerteeinrichtung des Smartphones (7) und unter Verwendung einer oder mehrerer Software-Applikationen, die auf dem Smartphone (7) lauffähig installiert sind, umfassend:
  - Bestimmen von elektronischen Informationen, die in einem maschinenlesbaren Code codiert sind, welcher Teil des Sicherheitsmerkmals (1) ist und wenigstens teilweise aus dem Leuchtstoff besteht;
  - Bestimmen eines optischen Parameters für die Lumineszenz in der Frequenz- und / oder der Zeitdomäne; und
  - Vergleichen des optischen Parameters mit einem Referenzparameter, um die Echtheit des Sicherheits-

merkmals (1) zu prüfen.

- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** elektronische Informationen bestimmt werden, die in einem mehrdimensionalen maschinenlesbaren Code codiert sind, bei dem die Lumineszenz einen ersten optischen Parameter und einen zweiten optischen Parameter aufweist, welcher von dem ersten optischen Parameter verschieden ist.
- 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronischen Informationen in einem ein- oder mehrdimensionalen QR-Code codiert sind, mit dem der maschinenlesbare Code des Sicherheitsmerkmals (1) gebildet ist.
- 15
4. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Auswerten der Bildaufnahmen die elektronischen Informationen mit elektronischen Referenzinformationen verglichen werden, um die Echtheit des Sicherheitsmerkmals (1) zu prüfen.
- 20
5. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Smartphone (7) eine lauffähig installierte Software-Applikation aufweist, die eingerichtet ist, aus den Bildaufnahmen eine Abklingzeit für die Lumineszenz zu bestimmen und als optischen Parameter für die Lumineszenz in der Zeitdomäne die Abklingzeit der Lumineszenz und mit einer Referenzabklingzeit zu vergleichen.
- 25
6. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Smartphone (7) eine lauffähig installierte Software-Applikation aufweist, die eingerichtet ist, aus den Bildaufnahmen einen spektralen Parameter für die Lumineszenz zu bestimmen und als optischen Parameter in der Frequenzdomäne den spektralen Parameter für die Lumineszenz und mit einem spektralen Referenzparameter zu vergleichen.
- 30
7. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronischen Informationen den optischen Parameter für die Lumineszenz anzeigend bestimmt werden.
- 35
8. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronischen Informationen kryptografische Informationen anzeigend bestimmt werden.
9. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Auswerten der Bildaufnahmen bestimmt wird, ob eine letzte der Bildaufnahmen frei von Lumineszenz des Leuchtstoffs des Sicherheitsmerkmals (1) ist und das Sicherheitsmerkmal (1) nur dann als echt bestimmt wird, wenn die letzte der Bildaufnahmen frei von Lumineszenz des Leuchtstoffs ist.
- 40
10. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sicherheitsmerkmal (1) geprüft wird, welches als Leuchtstoff wenigstens ein Material aus der folgenden Gruppe aufweist:
- $(\text{Ca}_{1-x-y}\text{CexMny})_3(\text{Sc}_{1-z}/\text{Mnz})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ ; mit  $0 < x \leq 0,1$ ;  $0 < y \leq 0,8$ ; und  $0 < z \leq 0,8$ ; und  $y / z \approx 2$ ; und
  - $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$ .
- 45
11. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des Überprüfens des Sicherheitsmerkmals (1) die Echtheit eines Wert- oder Sicherheitsdokuments geprüft wird, auf dem das smartphone-verifizierbare Sicherheitsmerkmal (1) angeordnet ist.
- 50
12. Verfahren nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf die optische Anregung abgegebene Lumineszenz des Leuchtstoffs eine Abklingzeit im Bereich von 1 ms bis 100 ms aufweist.
- 55
13. Smartphone-verifizierbares Sicherheitsmerkmal, mit
- einem Leuchtstoff, der mittels einer Lichtquelle (4) eines Smartphones (7) zum Abgeben einer Lumineszenz optisch anregbar ist, wobei die Lumineszenz von einer Bilderfassungseinrichtung (9) des Smartphones (7) mittels Bildaufnahmen erfassbar ist; und
  - einem maschinenlesbaren Code, die zumindest teilweise aus dem Leuchtstoff besteht.
14. Wert- oder Sicherheitsdokument, mit einem smartphone-verifizierbaren Sicherheitsmerkmal nach Anspruch 13.

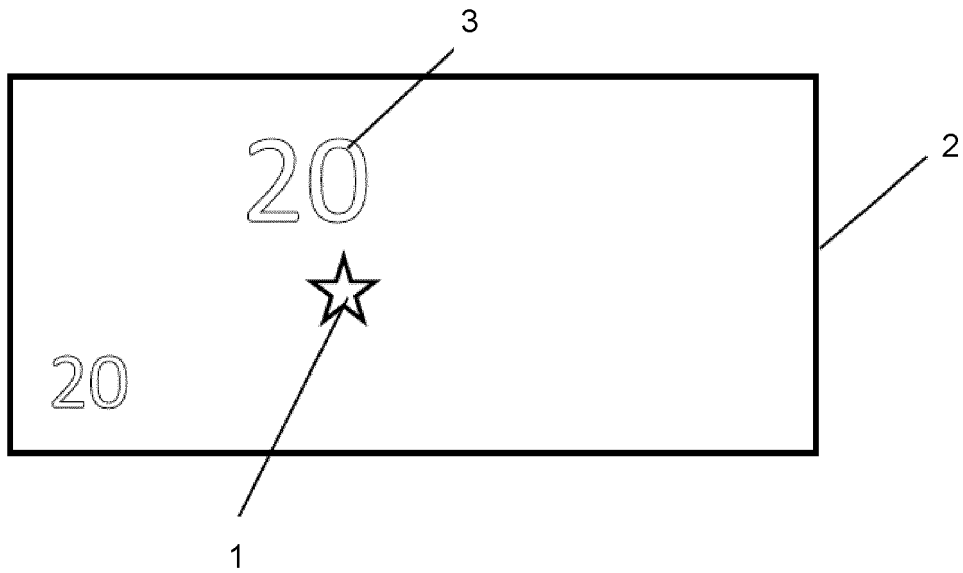


Fig. 1

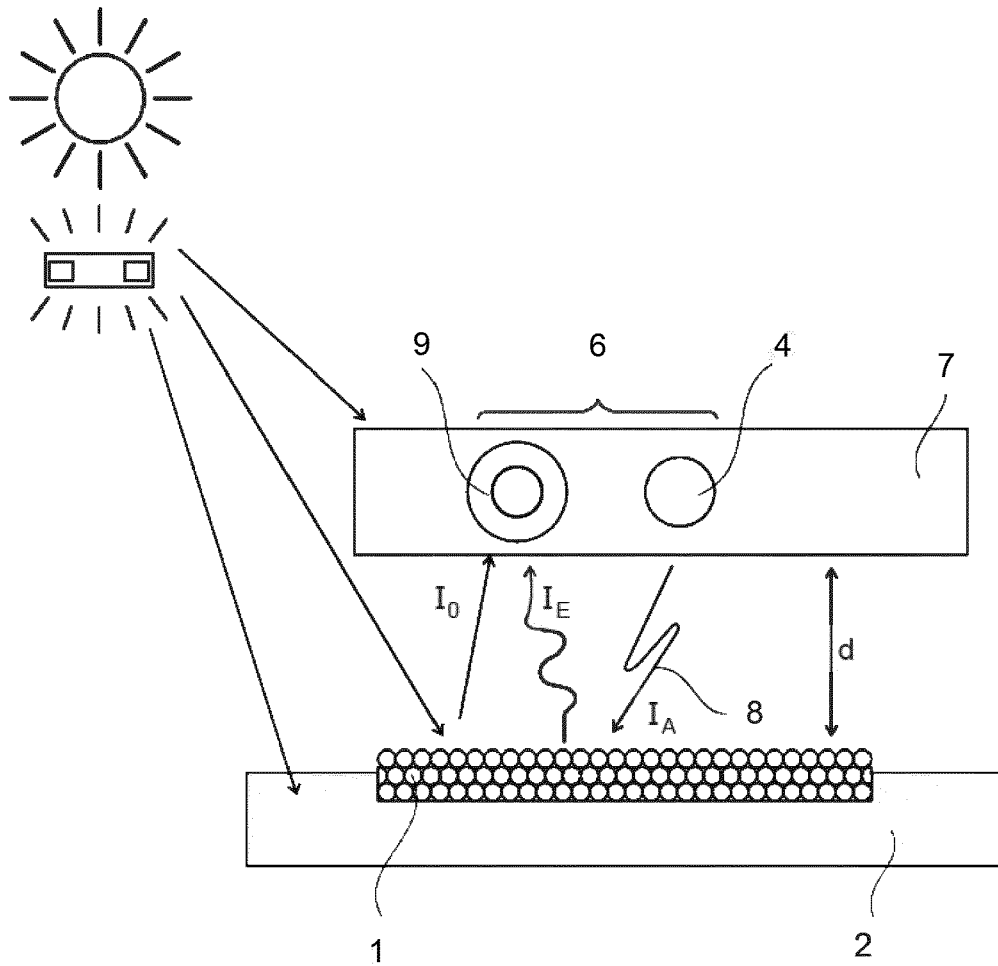


Fig. 2

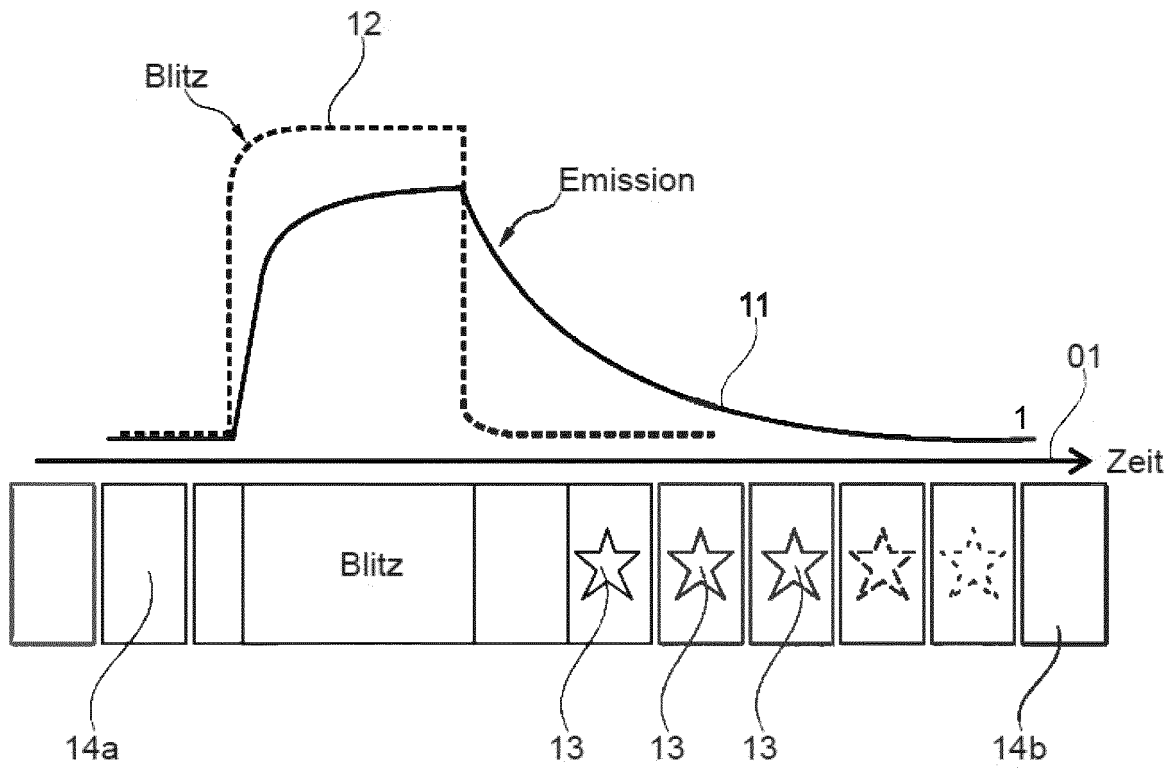


Fig. 3

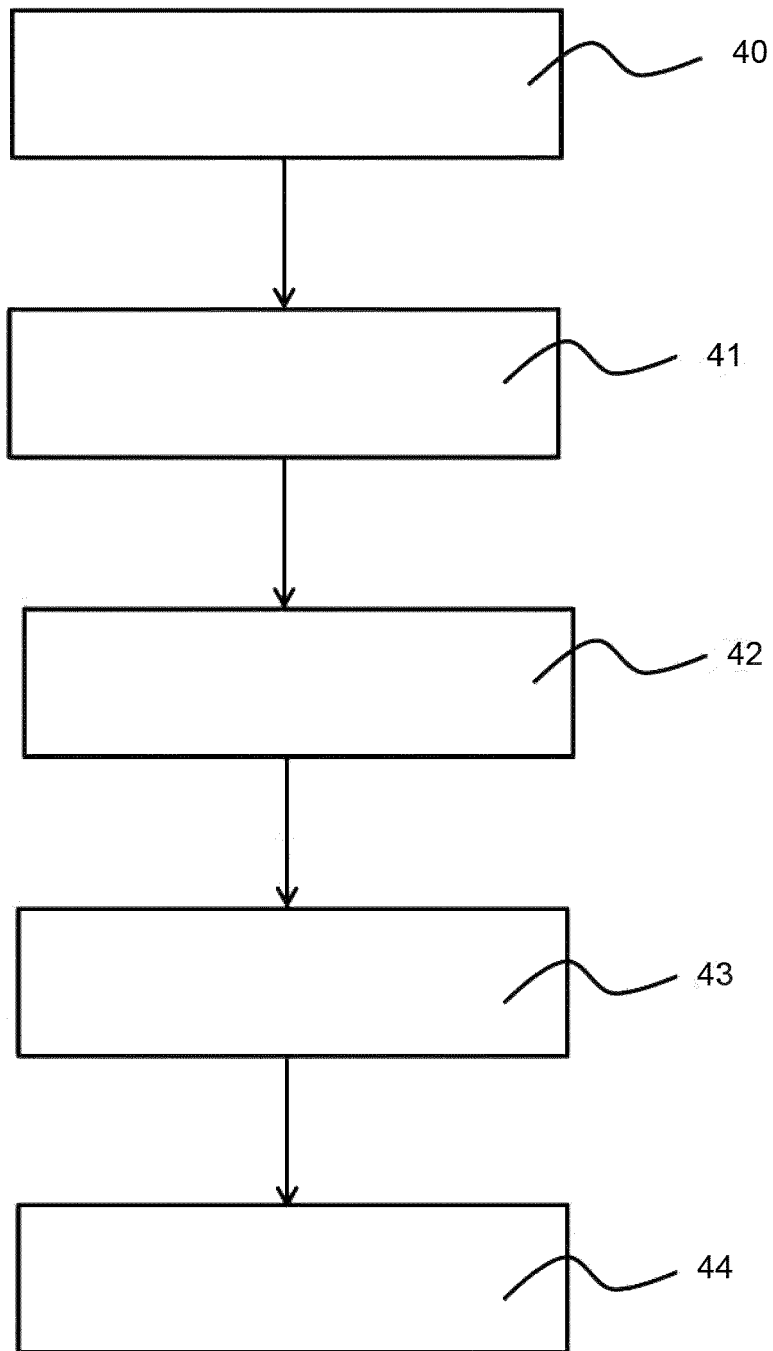


Fig. 4

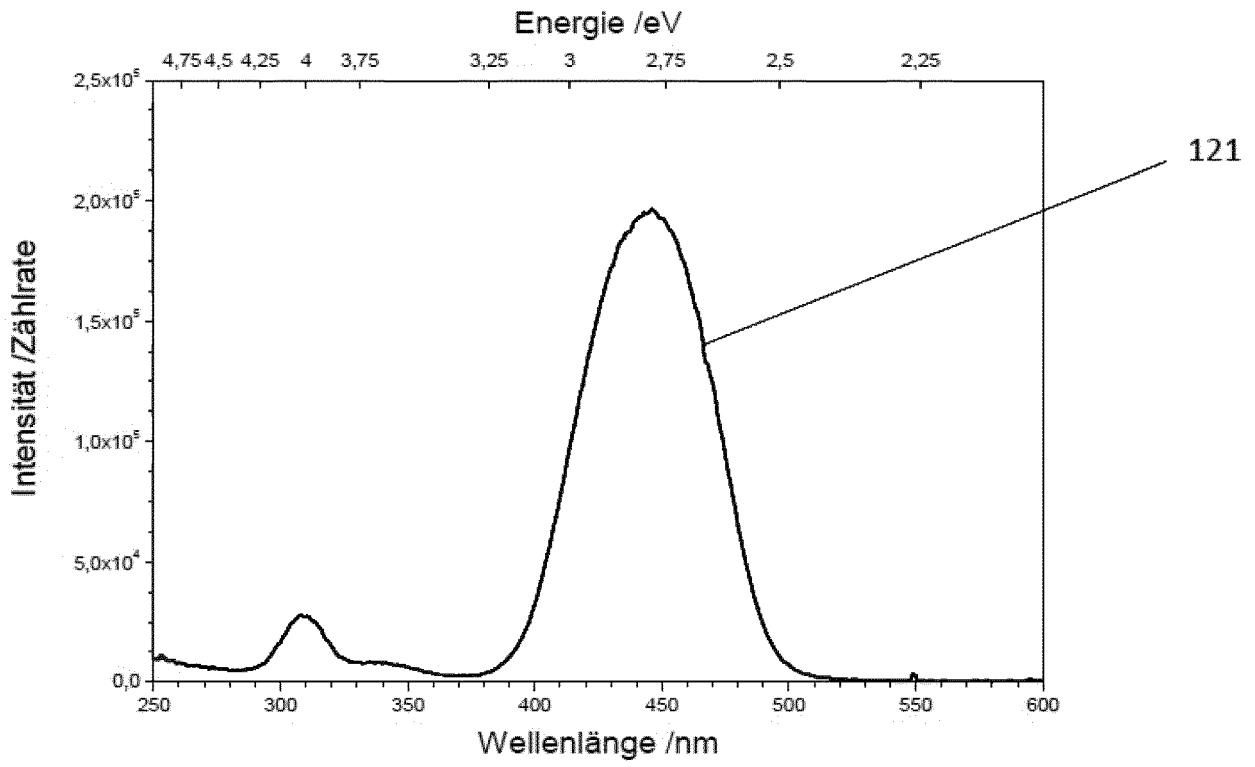


Fig. 5

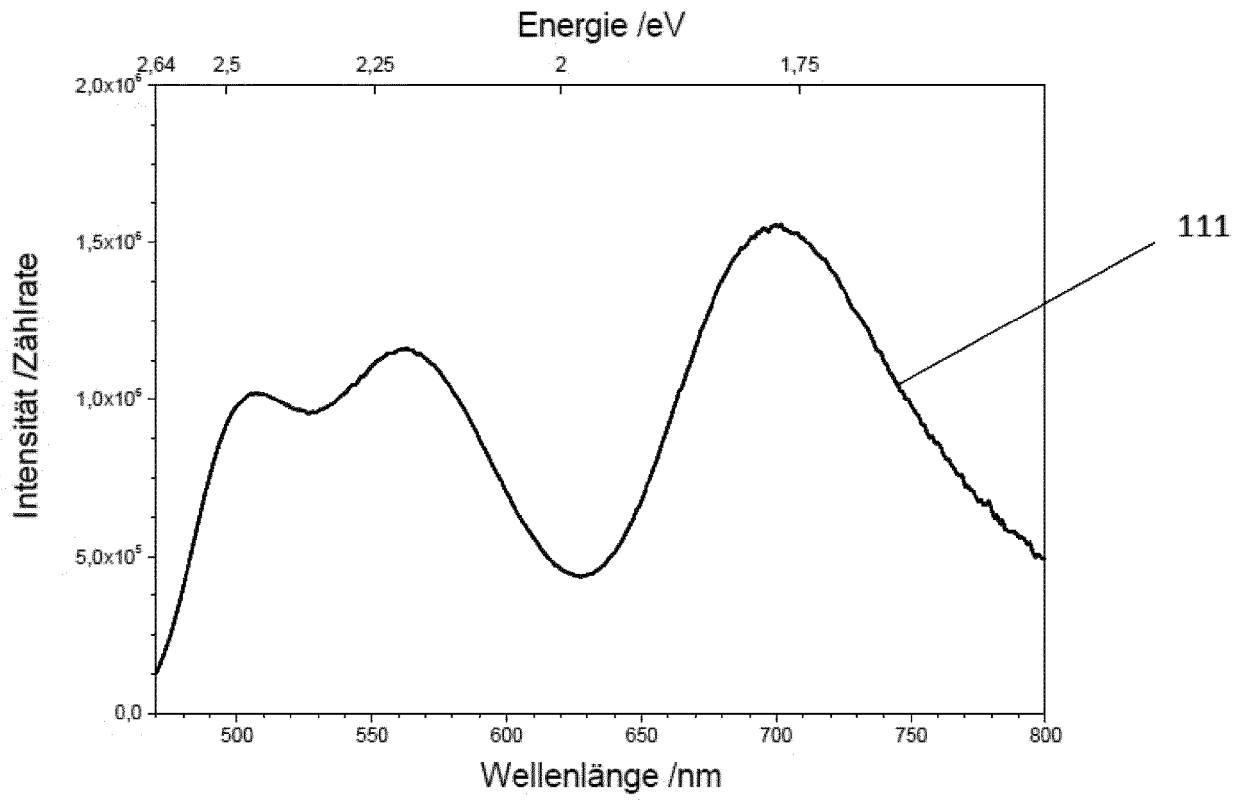


Fig. 6

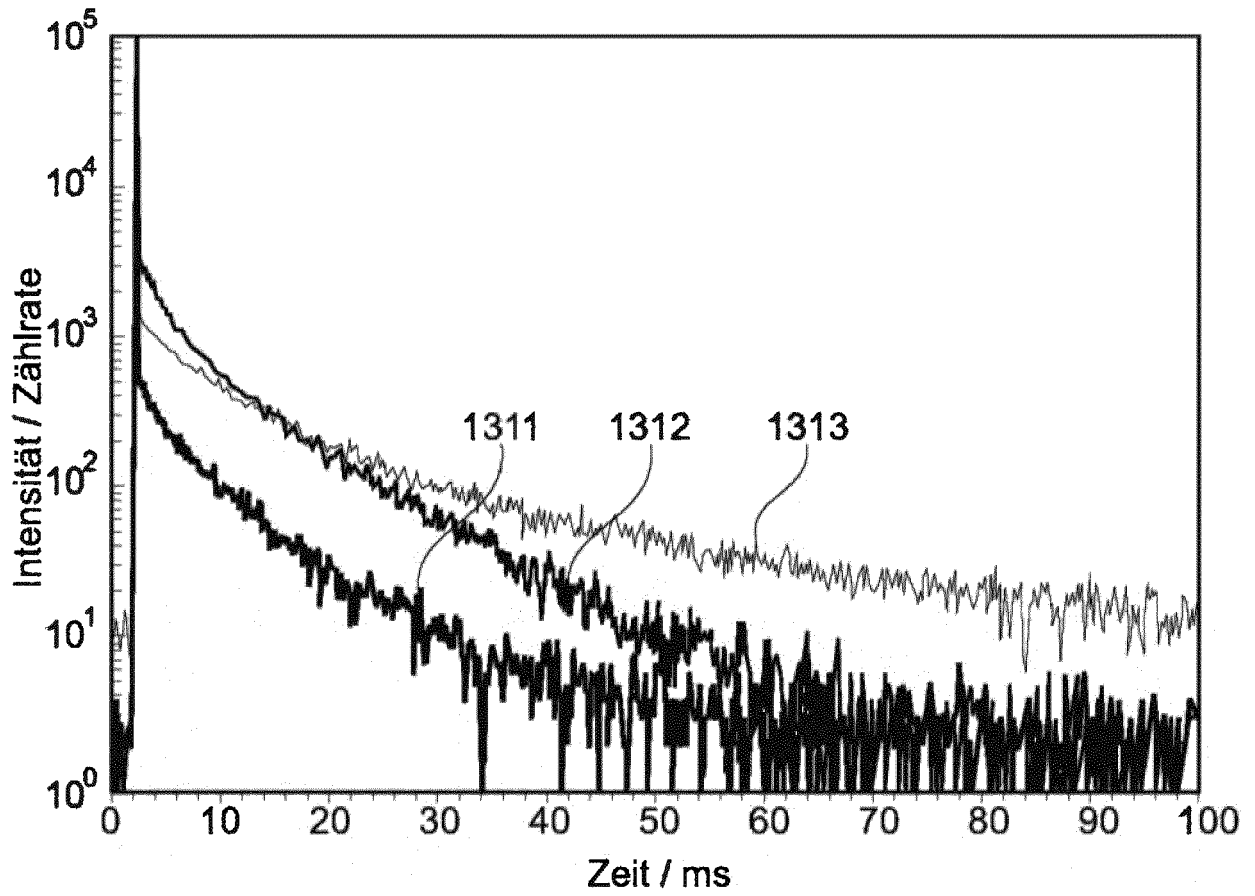


Fig. 7

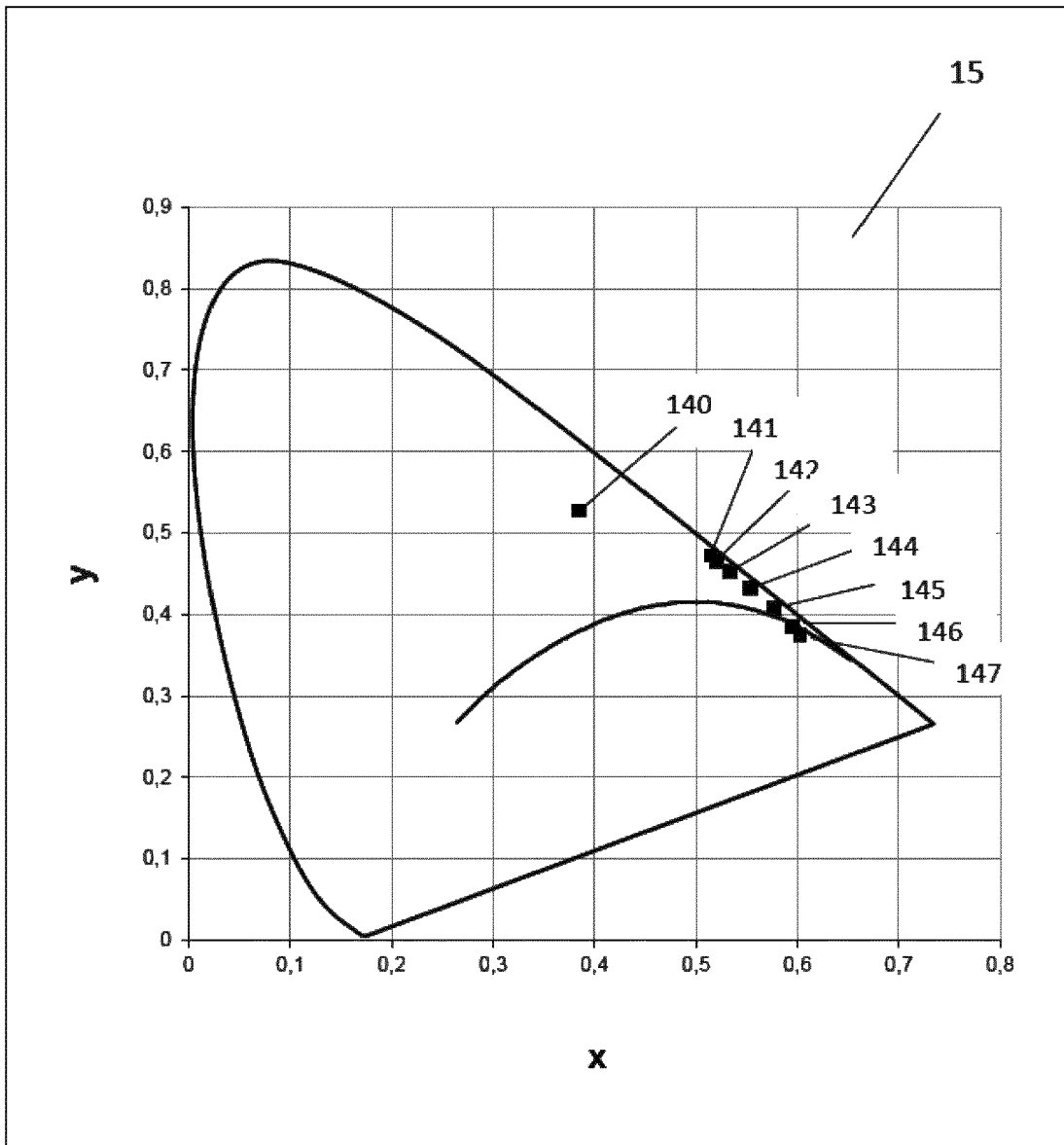


Fig. 8

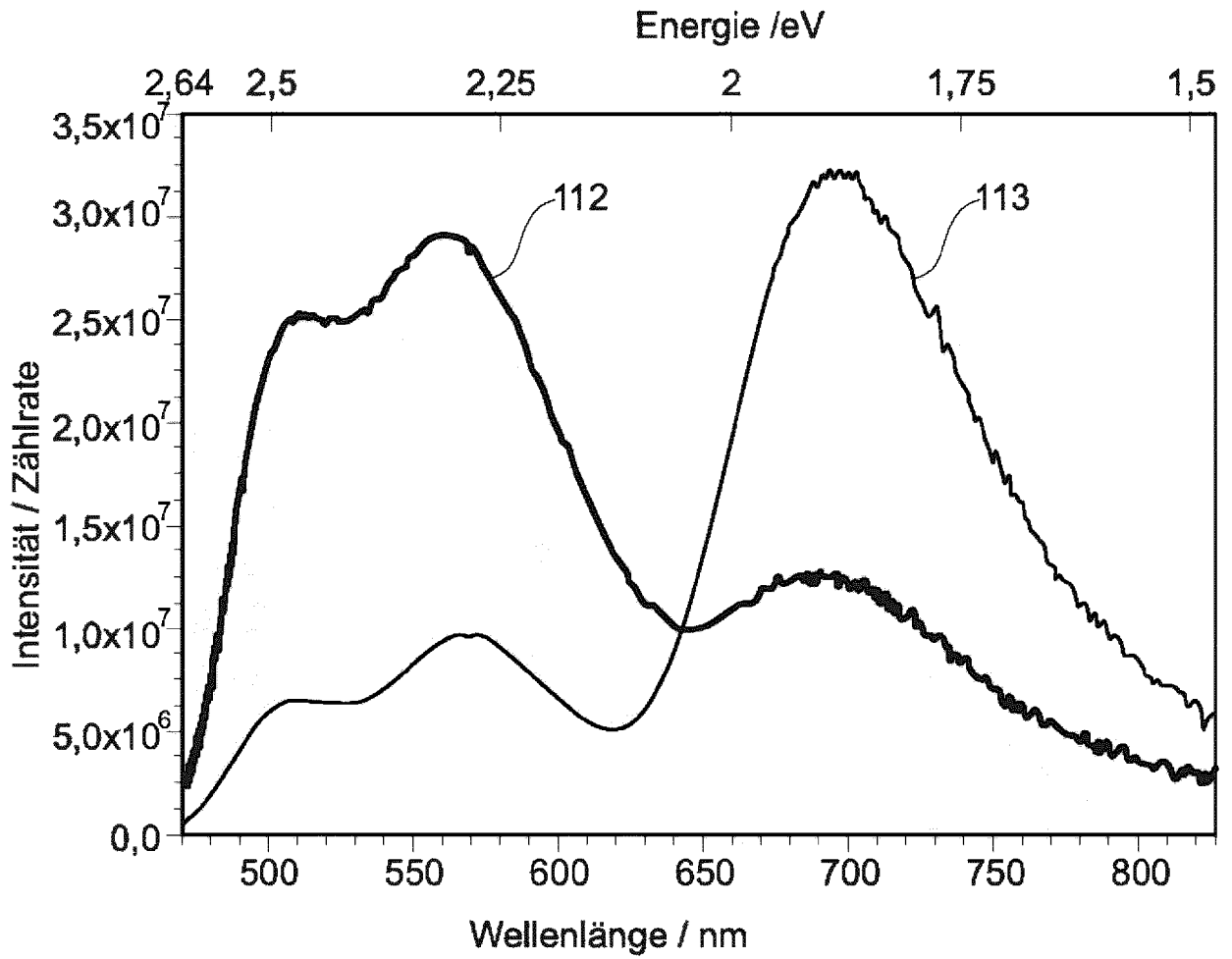


Fig. 9

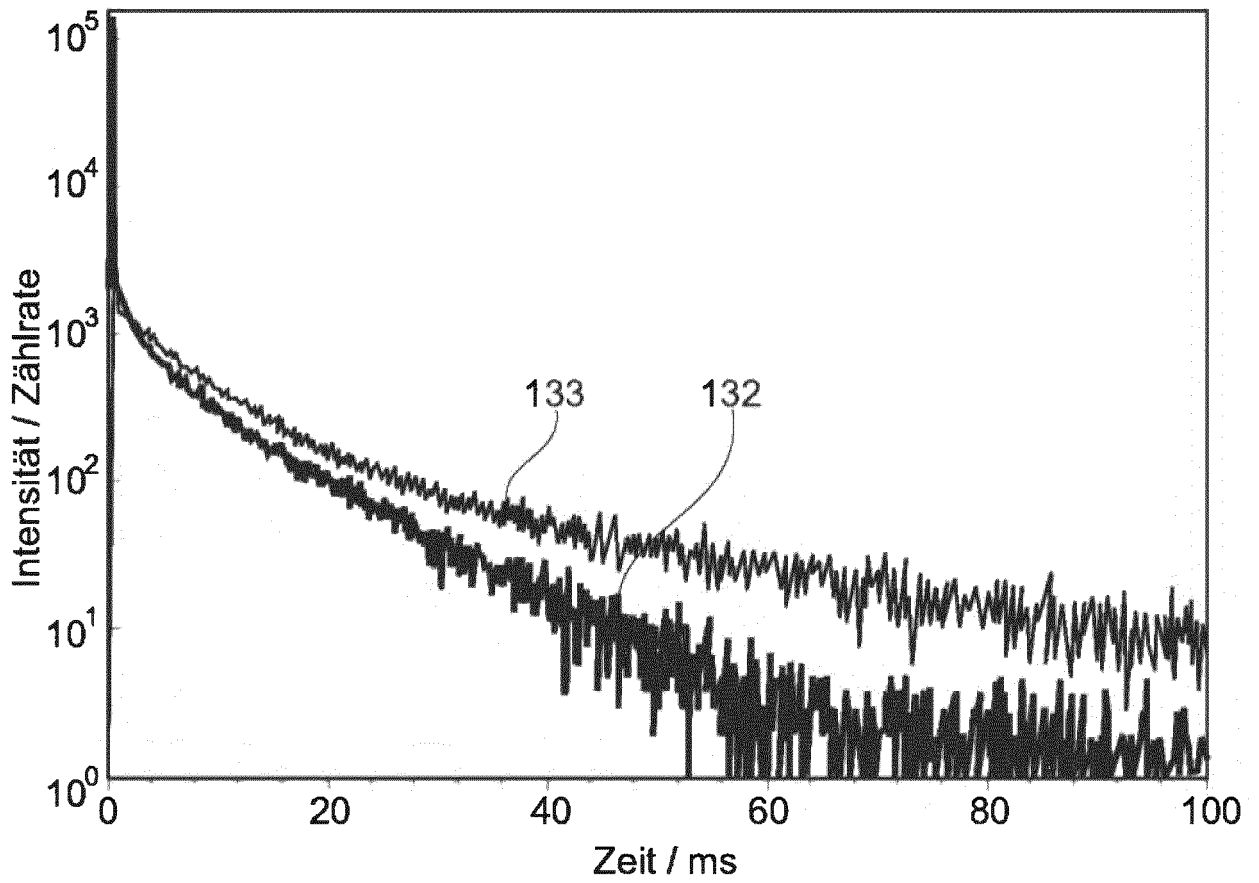


Fig. 10



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 21 15 5597

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 2019/201839 A1 (BUNDESDRUCKEREI GMBH [DE]) 24. Oktober 2019 (2019-10-24) * Seite 6, 9, 13, 15, 20 * * Abbildungen 1-4 *	1-14	INV. G07D7/1205 G07D7/202 G07D7/004 G07D7/0043
X	DE 10 2018 102015 A1 (BUNDESDRUCKEREI GMBH [DE]; FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 1. August 2019 (2019-08-01) * Absätze [0030], [0036] *	13,14	
A	----- DE 10 2018 109141 A1 (BUNDESDRUCKEREI GMBH [DE]) 17. Oktober 2019 (2019-10-17) * Absätze [0016], [0019] *	1-12	
A	----- DE 10 2018 109141 A1 (BUNDESDRUCKEREI GMBH [DE]) 17. Oktober 2019 (2019-10-17) * Absätze [0016], [0019] *	10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			G07D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>7. Juli 2021</b>	Prüfer <b>Schikhof, Arnout</b>
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 : nichtschriftliche 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 21 15 5597

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.

07-07-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2019201839 A1	24-10-2019	CN 111989721 A	24-11-2020
		DE 102018109142 A1	17-10-2019
		EP 3782136 A1	24-02-2021
		WO 2019201839 A1	24-10-2019
-----			
DE 102018102015 A1	01-08-2019	CN 111699517 A	22-09-2020
		DE 102018102015 A1	01-08-2019
		EP 3746992 A1	09-12-2020
		WO 2019149525 A1	08-08-2019
-----			
DE 102018109141 A1	17-10-2019	CN 112203863 A	08-01-2021
		DE 102018109141 A1	17-10-2019
		EP 3781408 A1	24-02-2021
		WO 2019201877 A1	24-10-2019
-----			

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 Patentdokumente**

- WO 2012083469 A1 [0004]
- WO 2013034471 A1 [0005]
- WO 2013034603 A1 [0006]