



(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2022 Patentblatt 2022/52

(21) Anmeldenummer: **18821988.5**

(22) Anmeldetag: **06.11.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B42D 25/387 ^(2014.01) **B42D 25/382** ^(2014.01)
B42D 25/24 ^(2014.01) **B42D 25/29** ^(2014.01)
B42D 25/405 ^(2014.01) **G07D 7/12** ^(2016.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B42D 25/29; B42D 25/24; B42D 25/382;
B42D 25/387; B42D 25/405; G07D 7/004;
G07D 7/1205; G07D 7/2033

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2018/100901

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2019/101267 (31.05.2019 Gazette 2019/22)

(54) **CODIERUNGSSYSTEM ZUM AUSBILDEN EINES SICHERHEITSMERKMALS IN ODER AN EINEM SICHERHEITS- ODER WERTDOKUMENT ODER EINER MEHRZAHL VON SICHERHEITS- ODER WERTDOKUMENTEN**

CODING SYSTEM FOR FORMING A SECURITY FEATURE IN OR ON A SECURITY DOCUMENT OR VALUE DOCUMENT OR A PLURALITY OF SECURITY DOCUMENTS OR VALUE DOCUMENTS

SYSTÈME DE CODAGE PERMETTANT DE CRÉER UNE CARACTÉRISTIQUE DE SÉCURITÉ DANS OU SUR UN DOCUMENT DE SÉCURITÉ OU DE VALEUR OU UNE PLURALITÉ DE DOCUMENTS DE SÉCURITÉ OU DE VALEUR

(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

(30) Priorität: **27.11.2017 DE 102017127923**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.10.2020 Patentblatt 2020/41

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

(72) Erfinder:
• **STARICK, Detlef**
17491 Greifswald (DE)
• **PAESCHKE, Manfred**
16348 Wandlitz (DE)
• **KUNATH, Christian**
12203 Berlin (DE)
• **BARTEL, Gustav Martin**
10317 Berlin (DE)

- **HEISE, Roland**
13187 Berlin (DE)
- **VANDAHN, Cornelia**
98693 Ilmenau (DE)
- **RÖSLER, Sylke**
99817 Eisenach (DE)
- **RÖSLER, Sven**
99817 Eisenach (DE)
- **KEMPFERT, Wolfgang**
12555 Berlin (DE)
- **HAUßMANN, Guido**
12203 Berlin (DE)

(74) Vertreter: **Mammel und Maser Patentanwälte**
PartG mbB
Tilsiter Straße 3
71065 Sindelfingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 647 947 WO-A1-2017/080654
DE-T2- 60 118 472 US-A1- 2009 141 961
US-A1- 2013 221 656

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem Sicherheits- oder Wertdokument oder einer Mehrzahl von Sicherheits- oder Wertdokumenten. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Sicherheitsmerkmal, welches in Form von mehreren Sicherheitselementen ausgebildet ist. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ferner ein Sicherheits- oder Wertdokument umfassend ein erfindungsgemäßes Sicherheitsmerkmal.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Lumineszierende organische und/oder anorganische Materialien werden seit langem in vielfältiger Art und Weise als Sicherheitsmerkmale in Sicherheits- und Wertdokumenten, wie beispielsweise Banknoten, Reisepässen, Personalausweisen, Führerscheinen usw., aber auch im Produktschutz, angewendet.

[0003] Aus der GB 1 143 362 A und der GB 1 186 251 A ist es bekannt, Kombinationen von insbesondere schmalbandig im sichtbaren oder infraroten Spektralbereich emittierenden anorganischen und/oder organischen seltenerdaktivierten Leuchtstoffen in Sicherheits- oder Wertdokumenten einzusetzen, um mit ihrer Hilfe Lumineszenzcodes zu erzeugen. Zugunsten eines sicheren Wiedererkennens der Codes wurden dabei in den aufgeführten Druckschriften Leuchtstoffe ausgewählt, die durch vergleichsweise große spektrale Abstände zwischen den einzelnen Emissionslinien gekennzeichnet sind.

[0004] Auch aus der DE 103 46 685 A1 ist bekannt, dass der spektrale Abstand zwischen den einzelnen Emissionslinien der für die Realisierung eines Codierungssystems verwendeten Leuchtstoffe zumindest 10 nm betragen sollte. Als ein wesentlicher Vorteil gegenüber dem bis dahin bekannten Stand der Technik wird in der zuletzt aufgeführten Druckschrift die Verwendung von ausschließlich außerhalb des sichtbaren Spektralbereiches emittierenden Leuchtstoffpigmenten angesehen.

[0005] Die Druckschrift DE 601 18 472 T2 betrifft eine Vorrichtung zum Schutz von Dokumenten, wobei mindestens zwei aufdruckbare Motive mit zwei Tinten vorgesehen sind, die bei einer ersten UV-Anregung mit einer ersten Wellenlänge identische (Lumineszenz-)Farben und bei einer zweiten UV-Anregung mit einer anderen, zweiten Wellenlänge jeweils unterschiedlichen (Lumineszenz-)Farben aussenden.

[0006] Das Dokument WO 2017/080654 A1 betrifft ein Pigmentsystem unterschiedlicher Kapsel-Lumineszenzpigmente, die unterschiedliche Emissionsspektren und unterschiedliche Farbeindrücke der Lumineszenz-Emissionen aufweisen und die im Wesentlichen die gleiche chemische Stabilität besitzen sollen.

[0007] Aus dem Dokument US 2009/141961 A1 ist ein Verfahren zum Aufbringen und zum sicheren Authentifizieren der Emissionsspektren lumineszierender Sicherheitsmerkmale unter Zuhilfenahme multivariabler statistischer Methoden bekannt.

[0008] Das Dokument EP 1 647 947 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Überprüfen von Lumineszenz Sicherheitsmerkmalen, wobei die nach erfolgter Anregung gemessenen Antwortsignale überlappende Spektralbänder aufweisen.

[0009] Das Dokument US 2013/221656 A1 offenbart ein lichtemittierendes Medium, welches in Form eines Motives auf ein Substrat aufgebracht ist und wiederum zwei unterschiedliche fluoreszierende Materialien umfasst, die sowohl bei der Anregung mit einer ersten als auch mit einer zweiten UV-Wellenlänge in jeweils voneinander unterscheidbaren Farben emittieren.

Aufgabe der Erfindung

[0010] Sowohl im Bereich des Sicherheits- und Wertdruckes als auch im Bereich des Produktschutzes gibt es ein zunehmendes Interesse an der Anwendung von "Public Security Features" (Level-1-Merkmalen, welche ohne zusätzliche Vorrichtungen vom Menschen durch Sehen und Erfühlen überprüfbar sind) und an der Verwendung von auf optischen Effekten beruhenden Level-2-Merkmalen, die auf Grund der zunehmenden allgemeinen Verfügbarkeit von einfachen Handgeräten zur optischen Anregung (beispielsweise in Form von einfach zu bedienenden UV- oder Infrarot LEDs) immer mehr auch von "Normalbürgern" als Sicherheitsmerkmale wahrgenommen und bewertet werden können.

[0011] Einige der zu dieser Merkmalsklasse gehörenden lumineszierenden Sicherheitselemente finden sich bereits in zahllosen Sicherheits- und Wertdokumenten wieder (Reisepässe, Ausweise, Theaterkarten), wobei es derartigen "Quasi-Level-1"-Merkmalen aber häufig an einer erforderlichen Fälschungssicherheit mangelt.

[0012] Es ist deshalb wünschenswert, in entsprechenden Sicherheits- und Wertdokumenten exklusive lumineszierende Sicherheitsmerkmale einzusetzen, welche mit einfachen Hilfsmitteln sichtbar gemacht werden können, gleichzeitig aber über den optischen Eindruck hinausgehende, weiterreichende Informationen beinhalten würden.

[0013] Insbesondere ist es wünschenswert, wenn diese lumineszierenden Sicherheitsmerkmale zusätzlich zu ihrer Level-2 Funktionalität auch eine Level-3-Sicherheitscharakteristik aufweisen, die in der Bereitstellung maschinell auslesbarer Codes bestehen könnte. Derartige Codes könnten zur Verifizierung der Echtheit, zur Nominalwertcodierung

oder auch zur Sortierung, beispielsweise von unterschiedlichen Banknotendenominationen oder Wertprodukten genutzt werden.

[0014] Der Erfindung liegt das technische Problem zu Grunde, ein Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem Sicherheits- oder Wertdokument und ein System zum Ausbilden von Sicherheitsmerkmalen in Form von Sicherheitselementen bereitzustellen, bei denen mit Hilfe einfacher Anregungsquellen eine Sichtbarmachung der Sicherheitsmerkmale möglich ist und gleichzeitig eine erhöhte und erforderliche Fälschungssicherheit bereitgestellt wird.

[0015] Die technische Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Codierungssystem gemäß Anspruch 1, ein Sicherheitsmerkmal gemäß Anspruch 19 und ein Sicherheits- oder Wertdokument gemäß Anspruch 20 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Definitionen

[0016] Lumineszenz ist die von einem physikalischen System beim Übergang von einem angeregten Zustand in den Grundzustand emittierte elektromagnetische Strahlung. Je nach Anregungsbedingungen und dem spektralen Bereich der emittierten elektromagnetischen Strahlung werden verschiedene Lumineszenzarten unterschieden (beispielsweise Photolumineszenz, Kathodolumineszenz, Röntgenlumineszenz, Elektrolumineszenz etc.). Photolumineszenz bezeichnet hier diejenige Lumineszenzart, bei der die Anregung mit der Hilfe von UV-Strahlung erfolgt und die resultierende Lumineszenzstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (VIS, ca. 380 bis 780 nm) emittiert wird.

[0017] Anti-Stokes-Lumineszenz (Up-Conversion) ist ein Spezialfall der Lumineszenz, wobei nach mehrstufiger IR-induzierter Anregung ebenfalls eine Emission im sichtbaren Spektralbereich erfolgt.

[0018] Leuchtstoffe sind organische oder anorganische chemische Verbindungen, die bei Anregung mit elektromagnetischer oder Teilchenstrahlung oder nach Anregung mittels elektrischer Felder Lumineszenzerscheinungen zeigen. Um dies zu ermöglichen, werden in die von den chemischen Verbindungen gebildeten Leuchtstoffgrundgittern (Leuchtstoffmatrizen), als Strahlungszentren wirkende Aktivator- und gegebenenfalls zusätzlich Coaktivatorionen eingebaut. Häufig liegen diese Leuchtstoffe als Festkörper, insbesondere in Form von Lumineszenzpigmenten, vor.

[0019] Ein Emissionsspektrum beschreibt die spektrale Verteilung der von den Leuchtstoffen emittierten elektromagnetischen Strahlung bzw. des von ihnen emittierten Lichtes. Ein solches Emissionsspektrum kann aus Emissionslinien und/oder Emissionsbanden bestehen.

[0020] Ein Code ist im Allgemeinen eine Abbildungsvorschrift für die Zuordnung von Zeichen, Symbolen oder messbaren Eigenschaften zu einem Zeichenvorrat. Im Falle von Lumineszenzcodes ergeben sich die zuzuordnenden Messdaten aus der spektralen Abfolge der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der ausgewählten Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen, die in der Regel durch die Wellenlängen der Emissionsmaxima (λ_{\max} -Werte), die Intensitätsverhältnisse zwischen den ausgewählten Emissionslinien und/oder -banden und ggf. auch durch die Halbwertbreiten dieser Emissionen charakterisiert werden können.

[0021] Das CIE-Normvalenzsystem (auch CIE-Normfarbsystem genannt) ist ein dreidimensionales farbmétrisches System, das von der Commission internationale de l'éclairage (CIE) 1931 definiert wurde und die Beschreibung von Farben und Selbstleuchtern durch die Normfarbwerte X, Y und Z ermöglicht. Diese ergeben sich durch lineare, additive Bewertung des jeweiligen Emissionsspektrums mit je einer der drei Normspektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ und $\bar{z}(\lambda)$.

[0022] Die Begriffe "CIE-Normvalenzsystem" und "CIE-Normfarbsystem" werden in der vorliegenden Erfindung äquivalent zueinander benutzt.

[0023] Die CIE-Farbkoordinaten x, y und z bezeichnen die Verhältnisse der Normfarbwerte X, Y und Z zu ihrer Summe. Die Darstellung der Farbkoordinaten x und y ergibt die zweidimensionale Normfarbtafel, die dann die Helligkeitsinformation nicht mehr enthält. Aufgrund der Physiologie des Auges können verschiedene Spektralverteilungen zu identischen Farbkoordinaten führen.

[0024] Das CIE-Normalvalenzsystem beruht auf der Definition eines idealen Normalbeobachters, dessen Spektralwertfunktionen den Normspektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ und $\bar{z}(\lambda)$ entsprechen. Farben und selbstleuchtende Materialien (beispielsweise Leuchtstoffe), die gleiche Farbkoordinaten aufweisen, werden als farbidentisch bezeichnet.

[0025] Farbempfindung und Farbwahrnehmung eines individuellen Beobachters können von denen des definierten Normalbeobachters abweichen.

[0026] Das Farbumterscheidungsvermögen kennzeichnet das Ausmaß der Wahrnehmung von Farbumterschieden durch individuelle Betrachter.

[0027] So beschreiben beispielsweise die sogenannten MacAdam-Ellipsen Toleranzbereiche in der Normwerttafel, die dadurch ausgezeichnet sind, dass die auf unterschiedlichen x, y-Koordinaten beruhenden Farbdifferenzen verschiedener Farben unter definierten Sehbedingungen und mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit von individuellen Beobachtern nicht wahrgenommen werden. Es kann somit für die empfundene Farbgleichheit eine Toleranz für die Farbdifferenzen vorgegeben werden, die farbwertabhängig sein kann.

[0028] Maximal zulässige Farbdifferenzen im Sinne der wahrgenommenen Farbgleichheit können durch Befragungen

von Testpersonen ermittelt werden. Derartige Untersuchungen werden als psychometrische Messungen bezeichnet, bei denen die Wahrscheinlichkeit für die Wahrnehmung eines Farbunterschiedes bestimmt wird. Als farbgleich gelten zwei Farbproben, wenn Sie von einem genügend großen Beobachterkollektiv unter den vorgegebenen Anregungsbedingungen mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit als nicht unterscheidbar bewertet werden. Messverfahren hierzu sind beispielsweise bei BACKHAUS, W. G. K. KLIEGL, R. WERNER, J. S.: Color Vision. Perspectives from different Disciplines. Kap. 2.3. "Psychophysics of Color Vision" sowie IRTEL, H.: "Methoden der Psychophysik". und in ERDFELDER, E.: Handbuch quantitative Methoden (S. 479-489), Physiologie Verlags Union Weinheim 1996, beschrieben.

[0029] Die akzeptierbaren Farbdifferenzen der objektiv gemessenen Farbkoordinaten, die von Individualbeobachtern noch als farbgleich angesehen werden, können somit vorfestgelegt werden.

[0030] Der Begriff "farbidentisch" oder "Farbidentität" wird in der vorliegenden Erfindung also so verstanden, dass zwei Leuchtstoffe unter vorgegebenen Anregungsbedingungen identische Farbkoordinaten im CIE-Normvalenzsystem aufweisen.

[0031] Der Begriff "farbgleich" oder "Farbgleichheit" wird in der vorliegenden Erfindung also so verstanden, dass zwei Leuchtstoffe unter einer vorgegebenen Anregung, die innerhalb eines Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems, beispielsweise einer MacAdam-Ellipse, liegen, von einem genügend großen Beobachterkollektiv unter den vorgegebenen Anregungsbedingungen mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit als nicht unterscheidbar bewertet werden.

Grundidee der Erfindung

[0032] Ein Aspekt der Erfindung betrifft das in Anspruch 1 definierte Codierungssystem.

[0033] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft das in Anspruch 19 definierte Sicherheitsmerkmal.

[0034] Erfindungsgemäß wird die oben beschriebene Aufgabe dadurch gelöst, dass die die jeweiligen Codes bildenden, im ultravioletten Spektralbereich (nämlich bei Wellenlängen zwischen 380 und 315 nm (UV-A), 315 und 280 nm (UV-B) sowie zwischen 280 und 200 nm (UV-C)) oder im infraroten Spektralbereich (IR, beispielsweise bei 950 bzw. 980 nm) anregbaren und im sichtbaren Bereich emittierenden Leuchtstoffe jeweils so zu Sicherheitselementen, beispielsweise zu entsprechenden Markierungen, zusammengestellt und kombiniert werden, dass die bei einer vorgegebenen optischen Anregung, beispielsweise mit einer bestimmten UV-Strahlungsquelle, hervorgerufenen Farbeindrücke verschiedener Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals vom menschlichen Auge als farbgleich wahrgenommen werden. Das bedeutet, dass der Betrachter die unterschiedlichen, unter den jeweils festgelegten Anregungsbedingungen sichtbar lumineszierenden Sicherheitselemente, zum Beispiel in Form von Markierungen, welche als Sicherheitsmerkmale jeweils auf, an oder in einem Wert- oder Sicherheitsdokument angebracht sind, als farbgleich empfindet und sie damit mutmaßlich für spektral identisch hält, obwohl diese tatsächlich unterschiedliche elektromagnetische Spektren und über diese definierte Codes aufweisen, die nur mit Hilfe einer speziellen Lumineszenzmesstechnik verifiziert werden können.

[0035] Die bezüglich ihrer Lumineszenz als farbgleich wahrgenommenen Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals können in unterschiedlichen Sicherheits- oder Wertdokumenten (beispielsweise Banknoten, Ausweise, Reisepässe, Führerscheine etc.) oder auch im Produktschutz eingesetzt werden. Farbgleich erscheinende, aber unterschiedliche Codes aufweisende Markierungen können beispielsweise zum Zwecke der Nominalwertcodierung von unterschiedlichen Währungs-Denominationen eingesetzt werden. Andererseits ist es jedoch auch möglich, die als farbgleich wahrgenommenen Markierungen als Sicherheitsmerkmale mehrmals in gleiche, gleichartige oder unterschiedliche Designs ein und desselben Sicherheits- oder Wertdokumentes zu integrieren.

[0036] Auf der Grundlage von Modellrechnungen und durch praktische Versuche konnte nachgewiesen werden, dass zur Realisierung farbgleicher oder farbidentischer Sicherheitselemente sowohl linienförmig als auch bandenförmig im sichtbaren Spektralbereich emittierende Leuchtstoffe und/oder deren Kombinationen eingesetzt werden können. Theoretisch gibt es für die Realisierung identischer x-y-Koordinaten innerhalb des CIE-Normvalenzsystems zahllose Möglichkeiten. Die konkrete Auswahl und die Anzahl der eingesetzten Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen mit exklusiver schmal- und/oder breitbandiger Emission hängt dabei von dem gewünschten Farbeindruck, gleichzeitig aber auch vom jeweiligen Sicherheitsanspruch und vom zugelassenen Aufwand für die Detektion der emittierten Lumineszenz und die Verifikation der Codes ab.

[0037] Weiterhin hat sich gezeigt, dass farbidentische bzw. farbgleiche Sicherheitselemente sowohl mit eng beieinander aber auch mit weiter auseinander liegenden Emissionslinien und/oder Emissionsbanden erzeugt werden können. Der spektrale Abstand der einzelnen Emissionslinien ist für den angestrebten gleichen Farbeindruck der emittierten Lumineszenz der einzelnen Markierungen nicht unmittelbar entscheidend, sehr wohl aber für den Aufwand, der zur sicheren spektrometrischen Verifikation betrieben werden muss. Weitere Kriterien für die Auswahl der Leuchtstoffe für das Codierungssystem sind beispielsweise eine möglichst hohe Lumineszenzausbeute, eine genügend hohe Stabilität und Alterungsbeständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen, sowie eine an die ausgewählten Druck- und Applikationsverfahren angepasste Korngrößenverteilung der Lumineszenzpigmente. Diese Eigenschaften sind beispielsweise auch für die Art und Weise der Anwendung der Sicherheitselemente auf oder in den jeweiligen Sicherheits- und Wertdokumenten

als auch für die sichere Verifizierbarkeit über die gesamte Lebens- oder Gebrauchsdauer des Sicherheits- oder Wertdokuments von großer Wichtigkeit.

[0038] Das Aufbringen der Sicherheitselemente, beispielsweise in Form von Markierungen, kann beispielsweise mit Hilfe üblicher Drucktechnologien (Tiefdruck-, Flexodruck-, Offsetdruck- oder Siebdruckverfahren etc.) oder aber auch unter Ausnutzung andersgearteter Beschichtungsverfahren erfolgen, wobei die zu beschichtenden Materialien sowohl aus Papier, unterschiedlichen Kunststoffen oder aber auch aus anderen organischen oder anorganischen Substanzen bestehen können. Ferner kann auch vorgesehen sein, die Sicherheitselemente über Beimengungen der Leuchtstoffe in Kunststoffen zu verwenden, wobei die Kunststoffe anschließend in das Sicherheits- oder Wertdokument eingebracht werden.

[0039] Zur Realisierung farbidentischer bzw. farbgleicher Sicherheitselemente, beispielsweise in Form von Markierungen, stehen sowohl für die Anregung mit UV-Strahlung als auch für die IR-Anregung zahlreiche Leuchtstoffe zur Verfügung. Insbesondere im erfindungsgemäßen Fall der Verwendung von Kombinationen mehrerer Leuchtstoffe sind die resultierenden Emissionsspektren zumeist hochkomplex. Mittels dieser Kombinationen ausgebildete Codes besitzen ein Level-3-Sicherheitsniveau und können nur mit der Hilfe einer leistungsfähigen und gegebenenfalls sehr aufwendigen Lumineszenzmessstechnik und mit dem Spezial- oder Geheimwissen darüber, welche der vielfältigen und verschiedenen Emissionslinien oder -banden zur Auswertung herangezogen werden, verifiziert werden.

[0040] Als Grundgitter (Matrix) für die zur Herstellung der erfindungsgemäßen Sicherheitselemente verwendeten UV-anregbaren anorganischen Leuchtstoffe können beispielsweise die im Folgenden aufgeführten Materialien eingesetzt werden: Borate (z.B. LaBO_3 , $\text{SrB}_6\text{O}_{10}$, CaYBO_4 , SrB_4O_7 , $\text{YAl}_3\text{B}_4\text{O}_{12}$, $\text{SrB}_8\text{O}_{13}$, $\text{Ca}_2\text{B}_5\text{O}_9\text{Br}$), Nitride (z.B. CaAlSiN_3 , $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8$, MgSiN_2 , GaN), Oxynitride (z.B. $\text{SrSi}_2\text{N}_2\text{O}_2$, $\alpha\text{-SiAlON}$, $\beta\text{-SiAlON}$), Oxide (z.B. Al_2O_3 , CaO , Sc_2O_3 , TiO_2 , ZnO , Y_2O_3 , ZrO_2 , La_2O_3 , Gd_2O_3 , Lu_2O_3), Halogenide und Oxyhalogenide (z.B. CaF_2 , CaCl_2 , K_2SiF_6 , LaOBr), Aluminate (z.B. LiAlO_3 , SrAl_2O_4 , $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, $\text{BaMgAl}_{11}\text{O}_{17}$, CaAl_2O_4 , $\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$), Silikate (z.B. Ba_2SiO_4 , Sr_3SiO_5 , $\text{Sr}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$, $\text{Sr}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$, CaSiO_3 , Zn_2SiO_4 , Ba_2SiO_4 , Y_2SiO_5 , $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$, $\text{Ba}_2\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_7$, $\text{LiCeBa}_4\text{Si}_4\text{O}_{14}$, $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$), Halosilikate (z.B. LaSiO_3Cl , $\text{Ba}_5\text{SiO}_4\text{Cl}_6$, $\text{Sr}_5\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Cl}_6$), Phosphate (z.B. YPO_4 , $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$, MgBaP_2O_7 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{MgBa}_2(\text{PO}_4)_2$), Halophosphate (z.B. $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$), Sulfide (z.B. ZnS , CaS , SrS , BaS , SrGa_2S_4 , ZnGa_2S_4 , ZnBa_2S_3), Oxy sulfide (z.B. $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{S}$), Sulfate (z.B. $\text{Mg}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_3$), Gallate (z.B. $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$, CaGa_2O_4 , $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$), Vanadate (z.B. YVO_4), Molybdate und Wolframate (z.B. CaMoO_4 , Sr_3WO_6 , $\text{La}_2\text{W}_3\text{O}_{12}$, $\text{Tb}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$, $\text{Li}_3\text{Ba}_2\text{La}_3(\text{MoO}_4)_8$).

oder aber auch solche anorganischen Substanzklassen wie beispielsweise Boride, Carbide, Scandate, Titanate, Germanate und Yttrate. Diese Aufzählung stellt keine Einschränkung dar, es können auch weitere Materialklassen oder Einzelverbindungen in die Auswahl der als Leuchtstoffgrundgitter geeigneten anorganischen Festkörperverbindungen einbezogen werden.

[0041] Die Aktivierung der ausgewählten Grundgitter erfolgt durch den gezielten Einbau von jeweils einem oder mehreren Fremdionen in die jeweilige Leuchtstoffmatrix, wobei im Falle der im ultravioletten Spektralbereich anregbaren und im Sichtbaren emittierenden Leuchtstoffe vor allem Seltenerdionen und/oder Ionen von Übergangsmetallen zur Dotierung bzw. Codotierung verwendet werden. Diese Aktivator- und die ggf. zusätzlich eingebrachten Coaktivatorionen bilden die Strahlungszentren in den jeweiligen Grundgittern und bestimmen in Wechselwirkung mit diesen die Lumineszenzeigenschaften der anorganischen Leuchtstoffe. So resultieren im Falle der beispielhaften Verwendung von dreiwertigen Ionen der Seltenen Erden wie etwa Pr^{3+} , Sm^{3+} , Eu^{3+} , Tb^{3+} , Er^{3+} , Dy^{3+} , Tm^{3+} oder von $3d^3$ -Ionen wie Cr^{3+} , Mn^{4+} nach UV-Anregung in aller Regel linienhafte Emissionen, während bei der Dotierung der beispielhaft genannten Grundgitter mit Ionen wie Mn^{2+} , Cu^+ , Ag^+ , Sn^{2+} , Sb^{3+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} , Ce^{3+} und Eu^{2+} mit hoher Wahrscheinlichkeit Emissionsbanden erhalten werden.

[0042] Die mit der Hilfe von Leuchtstoffen bewirkte Umwandlung von infraroter Anregungsstrahlung in sichtbares Licht wird als Anti-Stokes-Lumineszenz bzw. Up-Conversion bezeichnet. Sie gelingt nur durch die Bereitstellung solcher Leuchtstoffmaterialien, die in der Lage sind, die anregende IR-Strahlung durch mehrstufige Anregungsprozesse in den sichtbaren Spektralbereich zu transformieren. Als Grundgitter für derartige, erfindungsgemäß einsetzbare anorganische Leuchtstoffe stehen vor allem oxidische Verbindungen (z.B. Y_2O_3 , ZrO_2 , La_2MoO_6 , LaNbO_4 , LiYSiO_4), Oxyhalogenide (z.B. YOCl , LaOCl , LaOBr , YOF , LaOF), Oxy sulfide (z.B. $\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{La}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$, $\text{Lu}_2\text{O}_2\text{S}$) und Fluoride (z.B. YF_3 , LaF_3 , LiYF_4 , NaYF_4 , NaLaF_4 , BaYF_5) zur Verfügung. Zur Absicherung einer genügend hohen Lumineszenzausbeute werden als Strahlungszentren in den Anti-Stokes-Leuchtstoffen zumeist die Seltenerdionenkombinationen $\text{Yb}^{3+}\text{-Er}^{3+}$, $\text{Yb}^{3+}\text{-Tm}^{3+}$ und $\text{Yb}^{3+}\text{-Ho}^{3+}$ verwendet. Daneben sind aber auch weitere Leuchtstoffe wie beispielsweise die Materialien $\text{SrF}_2\text{:Er}^{3+}$, $\text{YF}_3\text{:Yb}^{3+}$, Tb^{3+} oder $\text{CaF}_2\text{:Eu}^{2+}$ bekannt, die ebenfalls als IR-VIS-Strahlungswandler genutzt werden können.

[0043] Neben den anorganischen Lumineszenzpigmenten können im Sinne der Erfindung natürlich auch im UV- bzw. IR-Spektralbereich anregbare und im Sichtbaren emittierende organische Leuchtstoffe, wie beispielsweise unterschiedliche, seltenerdaktivierte organische Komplexverbindungen zur Herstellung farbidentischer Sicherheitselemente verwendet werden. Diese können gegebenenfalls mit ausgewählten anorganischen Lumineszenzpigmenten kombiniert werden.

[0044] Darüber hinaus sind in Abhängigkeit von der konkreten Anwendung, vom angestrebten Design des Sicher-

heitsmerkmals und von der vorgesehenen Technologie für die Herstellung der Sicherheitselemente auch photolumineszierende anorganische oder organische nanoskalierte Leuchtstoffe oder entsprechend konfigurierte Quantendots als Komponenten für die Bereitstellung der erforderlichen Leuchtstoffkomponenten geeignet.

[0045] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die für den jeweiligen Anwendungsfall des Codierungssystems ausgewählten Leuchtstoffe durch gezielte Veränderung der chemischen Zusammensetzung der jeweiligen Wirts-(Grund)-Gitter, d.h. durch gezielt vorgenommene Substitutionen im Kationen- und/oder Anionenteilgitter, so modifiziert, dass sich die Emissionsspektren dieser exklusiven Leuchtstoffe deutlich von denen der in konventionellen technischen Anwendungen verwendeten Luminophoren oder auch von solchen, die ausführlich in der Fachliteratur beschrieben wurden, unterscheiden. Durch die bevorzugte Verwendung derartiger Leuchtstoffe mit exklusiven Emissionsspektren kann die Fälschungssicherheit der mit dem Codierungssystem ausgestatteten Wert- oder Sicherheitsdokumente noch weiter erhöht werden.

[0046] Das erfindungsgemäße Codierungssystem bietet eine Vielfalt von Ausführungsformen für unterschiedliche Sicherheitsniveaus und Anwendungsmöglichkeiten. Es können farbidentische bzw. farbgleiche Markierungen bereitgestellt werden, deren Echtheit mit einfachen Handsensoren geprüft werden kann, aber auch solche, bei denen für das sichere Verifizieren der Codes hochauflösende Spektrometer erforderlich sind. Die Spannweite der Verifikationsmöglichkeiten reicht von der forensischen Prüfung im Speziallaboratorium bis hin zur Hochgeschwindigkeitsdetektion der maschinell auslesbaren Codes.

Besondere Ausführungsformen

[0047] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die den lumineszierenden Sicherheitselementen zugeordneten Lumineszenzcodes aus der unterschiedlichen spektralen Abfolge der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen gebildet werden.

[0048] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die den lumineszierenden Sicherheitselementen zugeordneten Lumineszenzcodes aus den Intensitätsverhältnissen der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen gebildet werden.

[0049] Wiederum eine andere beispielhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei mindestens ein weiterer Leuchtstoff und damit weitere Leuchtstoffkombinationen zur Bildung von weiteren lumineszierenden Sicherheitselementen mit anderen Lumineszenzcodes vorgesehen ist.

[0050] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Farbkordinaten der lumineszierenden Sicherheitselemente über Mischungsverhältnisse der verwendeten Leuchtstoffe für Leuchtstoffkombinationen eingestellt werden, wodurch sich definierte relative Intensitätsverhältnisse der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden für die Leuchtstoffkombination ergeben.

[0051] Eine andere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei mindestens einer der Leuchtstoffe einen organischen Leuchtstoff, insbesondere eine seltenerdaktivierte organische Komplexverbindung, aufweist.

[0052] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei mindestens einer der Leuchtstoffe einen anorganischen Leuchtstoff aufweist.

[0053] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei sowohl anorganische als auch organische Leuchtstoffe unterschiedlicher Korngröße, und beispielsweise auch nanoskalierte Leuchtstoffe oder Quantendots, sowie entsprechende Leuchtstoffkombinationen verwendet werden.

[0054] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Leuchtstoffe durch gezielte Substitutionen im Leuchtstoffgitter modifiziert werden, so dass diese ein exklusives Emissionsspektrum aufweisen.

[0055] Wiederum eine andere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen in einem oder mehreren ultravioletten Wellenlängenbereiche, nämlich bei Wellenlängen zwischen 380 nm und 315 nm (UV-A) und/oder bei Wellenlängen zwischen 315 nm und 280 nm (UV-B) und/oder bei Wellenlängen zwischen 280 nm und 200 nm (UV-C) anregbar sind.

[0056] Eine besondere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei mindestens zwei im ultravioletten Spektralbereich einstellbaren Anregungsbedingungen, also im UV-A- und/oder im UV-B- und/oder im UV-C-Spektralbereich, farbidentisch sind oder farbgleich wahrgenommen werden.

[0057] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei jeder der vorgegebenen Anregungen im UV-A-, UV-B- oder UV-C-Spektralbereich farbidentisch sind oder farbgleich wahrgenommen werden.

[0058] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei unterschiedlichen vorgegebenen Anregungen unterschiedliche Farbkordinaten im CIE-Normfarbsystem oder zumindest solche Farbkordinaten aufweisen, die innerhalb eines anderen

Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems liegen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente zwar bei einer bestimmten vorgegebenen Anregungen farbidentisch oder farbgleich wahrgenommen werden, jedoch bei einem anderen vorgegebenen Anregungen eine andere Farbidentität oder Farbgleichheit aufweisen.

[0059] Eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen im Infraroten Wellenlängenbereich, nämlich bei Wellenlängen zwischen 950 nm und 980 nm anregbar sind.

[0060] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Maxima der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen nur wenige Nanometer voneinander beabstandet sind, insbesondere einen Abstand von weniger als 10 nm, besonders bevorzugt einen Abstand von weniger als 5 nm, ganz besonders bevorzugt einen Abstand von weniger als 3 nm aufweisen.

[0061] Eine andere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei eine weitere Information über die Art und Weise der Anordnung der Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals, beispielsweise über den Ort oder eine Form des Sicherheitselementes, beispielsweise in Form eines Symbols, Ziffer oder Piktogramms, dem Sicherheitselemente zugeordnet ist.

[0062] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei alle Farbkoordinaten, der vom Codierungssystem umfassten Leuchtstoffe im CIE-Normfarbsystem im Wesentlichen auf einer Geraden liegen.

[0063] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen eine im Wesentlichen gleiche oder ähnliche Alterungsbeständigkeit aufweisen.

[0064] Die vorangehenden besonderen Ausführung Beispiele der Erfindung werden nachfolgend weiter im Detail beschrieben.

[0065] Das erfinderische Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem Sicherheits- oder Wertdokument oder einer Mehrzahl von Sicherheits- oder Wertdokumenten ist im besonderen Maße dadurch gekennzeichnet, dass es auf der Verwendung von unterschiedlichen im nicht-sichtbaren Spektralbereich, insbesondere im ultravioletten (UV) oder infraroten (IR) Spektralbereich anregbaren und im sichtbaren Spektralbereich emittierenden Leuchtstoffen und/oder Leuchtstoffkombinationen basiert, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen unter vorgegebenen Anregungsbedingungen jeweils unterschiedliche Emissionsspektren im sichtbaren Spektralbereich aufweisen, so dass jeder der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen durch mindestens eine individuell ausgezeichnete Emissionslinie oder Emissionsbande charakterisiert ist, welche sich von den individuell ausgezeichneten Emissionslinien oder Emissionsbanden der anderen Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen unterscheidet.

[0066] Das Codierungssystem ist darüber hinaus dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens drei, vorzugsweise exklusive, Leuchtstoffe und/oder die aus diesen Leuchtstoffen erstellten Leuchtstoffkombinationen umfasst, die in Form von Sicherheitselementen zu Sicherheitsmerkmalen zusammengestellt werden und wobei jedem Sicherheitselement ein Code zugeordnet ist, der aus der spektralen Abfolge der individuell ausgezeichneten Emissionslinien oder Emissionsbanden der mindestens drei Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen und/oder den Intensitätsverhältnissen dieser Emissionslinien und/oder Emissionsbanden gebildet wird.

[0067] Gleichzeitig ist die erfinderische Lösung dadurch charakterisiert, dass alle zu einem Sicherheitsmerkmal zusammengestellten lumineszierenden Sicherheitselemente bei den vorgegebenen Anregungsbedingungen identische Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem oder zumindest solche Farbkoordinaten aufweisen, die innerhalb eines Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems, beispielsweise einer MacAdam-Ellipse, liegen. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass alle mit Lumineszenzcodes ausgestatteten Sicherheitselemente eines erfindungsgemäßen Sicherheitsmerkmals unter definierten Anregungsbedingungen vom Betrachter als farbgleich wahrgenommen werden.

[0068] Bei der Verwendung von genau drei Leuchtstoffen zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals des Codierungssystems müssen die Farbkoordinaten der Emissionsspektren der einzelnen Leuchtstoffe im CIE-Normfarbsystem weitestgehend auf einer Geraden liegen, um durch Kombination dieser Leuchtstoffe mehrere unterschiedliche Lumineszenzcodes mit identischen Farbkoordinaten bereitstellen zu können. Wie Modellrechnungen und praktische Versuche ergaben, lassen sich in diesem Falle zumindest drei unterscheidbare Codes mit exakt identischen Farbkoordinaten und unterschiedlicher spektraler Abfolge der individuell ausgezeichneten Emissionslinien generieren, die durch die Kombination von jeweils zwei der ausgewählten drei Leuchtstoffe (Leuchtstoffpaare) und durch eine entsprechende Dreierkombination (Leuchtstofftripel) gebildet werden können. Werden neben der spektralen Charakteristik auch die Intensitätsverhältnisse zwischen den ausgewählten Emissionen zur Codeeinstellung herangezogen, ergeben sich weitere Möglichkeiten für die Ausbildung unterscheidbarer Dreierkombinationen. Die exakte Einstellung der Farbkoordinaten der einzelnen Kombinationen ist an bestimmte Mischungsverhältnisse zwischen den einzelnen Leuchtstoffen gebunden. Bei einer dreieckförmigen Anordnung der aus den Emissionsspektren resultierenden Farbkoordinaten von drei unterschiedlichen Leuchtstoffen um eine vorgegebene Zielfarbkoordinate herum, gibt es dagegen nur eine einzige Möglichkeit, den exakten Zielfarbtort einzustellen. Das bedeutet, dass sich auf diese Weise nur ein einziger Lumineszenzcode erzeugen ließe.

[0069] Allerdings können mit Lumineszenzcodes ausgestattete Sicherheitselemente vom Betrachter auch dann als

farbgleich wahrgenommen werden, wenn die jeweiligen Farbkoordinaten nicht exakt identisch, sondern innerhalb eines Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbwertsystems (beispielsweise einer MacAdam-Ellipse) positioniert sind. Entsprechende Untersuchungen haben ergeben, dass es selbst bei der Verwendung von nur drei Leuchtstoffen unter diesen Bedingungen möglich ist, beispielsweise bis zu sieben unterschiedliche, von Probanden aber als farbgleich bewertete Lumineszenzcodes bereitzustellen. Neben der spektralen Abfolge der individuellen Emissionslinien und/oder -banden müssen in diesem Fall dann aber auch die unterschiedlich eingestellten Intensitätsverhältnisse zwischen diesen Linien und/oder Banden als charakteristische Eigenschaften in die Codebildung einbezogen werden.

[0070] Durch das Hinzufügen weiterer, vorzugsweise exklusiv modifizierter Leuchtstoffe können die Möglichkeiten für die Bereitstellung unterscheidbarer Lumineszenzcodes weiter erhöht werden. Dabei ist in Rechnung zu stellen, dass die Anzahl der generierbaren Codes beispielsweise auch von der konkreten Positionierung des Zielfarbbereiches sowie von den zugelassenen spektralen Abständen zwischen den Maxima der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder -banden abhängt. Darüber hinaus ist beachten, dass die in der Praxis zur Anwendung gelangenden Lumino-phore, beispielsweise modifizierte seltenerdaktivierte Leuchtstoffe, bereits als Einzelkomponenten zumeist mehrere Emissionslinien und häufig komplexe Linienspektren aufweisen. Auch dadurch steigt die Anzahl der möglichen Code-Zuweisungen auf dem Level-3-Sicherheitsniveau.

[0071] In einem weiteren wesentlichen Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals eines Codierungssystems für die Anwendung in Sicherheits- oder Wertdokumenten sowie im Produktschutz bereitgestellt.

[0072] Dabei müssen in einem ersten Schritt Entscheidungen über die Anregungsbedingungen für das erfinderische Lumineszenzmerkmal, über den gewünschten Zielfarbbort bzw. einen entsprechend definierten Toleranzfarbbereich für die Realisierung der angestrebten Farbidentität der einzelnen, für das Sicherheitsmerkmal erforderlichen Sicherheitselemente sowie über die Anzahl der für den Echtheitschutz erforderlichen Codes getroffen werden. Diese Entscheidungen sind abhängig von der Art und der Verwendung der zu schützenden Wert- und Sicherheitsdokumente oder der schützenswerten Produkte, vom zugelassenen Aufwand für die Verifizierung der Lumineszenzcodes und von den Design-Vorgaben für das Merkmal.

[0073] Ein weiterer Schritt betrifft die Auswahl der für die Herstellung der benötigten Sicherheitselemente erforderlichen Leuchtstoffe. Die Auswahl kann auf der Grundlage der gemessenen Emissionsspektren der zu bewerteten Leuchtstoffe mit vorzugsweise exklusiver Emissionscharakteristik erfolgen. Die aus den Emissionsspektren berechenbaren CIE-Farbkoordinaten der Einzelleuchtstoffe geben Auskunft darüber, ob und wie viele Kombinationen dieser Leuchtstoffe für die Realisierung des vorgegebenen Zielfarbbereiches bzw. eines entsprechenden Toleranzfarbbereiches zur Verfügung stehen. Darüber können auf der Grundlage dieser Messergebnisse die für die Herstellung der Leuchtstoffkombinationen wichtigen Mischungsverhältnisse der Komponenten vorausberechnet werden.

[0074] Der nachfolgende Schritt des Verfahrens ist auf die gegebenenfalls erforderliche experimentelle Überprüfung und das Festlegen der Mischungsverhältnisse der für die Erstellung der farbidentischen Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals gerichtet. In aller Regel sind nur wenige praktische Versuche erforderlich, um auf der Grundlage der durchgeführten farbmtrischen Berechnungen die unter Applikationsbedingungen gültigen Mischungsverhältnisse für die Kombination der ausgewählten Leuchtstoffe zu farbidentischen Sicherheitselementen zu ermitteln. Die experimentelle Überprüfung ist aber erforderlich, um Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Leuchtstoffen sowie weitere Einflussfaktoren, die auf den eigenständigen und unterschiedlichen optischen Eigenschaften (Eigenemission, Absorptions- und Reflexionsverhalten) der weiteren organischen und anorganischen Bestandteile (Bindemittel, Additive) der für die Applizierung des Sicherheitsmerkmals verwendeten Farbkombinationen sowie den optischen Effekten der verwendeten Trägermaterialien beruhen, berücksichtigen zu können.

[0075] In einem weiteren Verfahrensschritt erfolgt das Auf- oder Einbringen der ausgewählten Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen auf oder in die Trägermaterialien der jeweiligen Sicherheits- oder Wertdokumente. Dieser Prozessschritt kann beispielsweise mit Hilfe der üblichen Druckverfahren (Tiefdruck-, Flexodruck-, Offsetdruck- oder Siebdruckverfahren etc.) oder aber unter Verwendung anderer Beschichtungstechnologien ausgeführt werden.

[0076] Ein letzter Schritt des Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Sicherheitsmerkmals ist der abschließenden Codezuweisung vorbehalten. Auf der Grundlage der unter definierten Anregungsbedingungen gemessenen Emissionsspektren der einzelnen mit farbidentischen oder farbgleichen Leuchtstoffen und/oder Leuchtstoffkombinationen ausgestatteten Sicherheitselemente werden die für die Echtheitsverifizierung erforderlichen und geeigneten codebildenden Emissionsmaxima (λ_{\max} -Werte) der individuell ausgezeichneten, vorzugsweise exklusiven Emissionslinien und/oder Emissionsbanden sowie solche Emissionslinien und/oder -banden, bei denen das Verhältnis der jeweiligen Lumineszenzintensitäten als Code repräsentierende Eigenschaft angesehen werden kann, ausgewählt und einem Zeichenvorrat, beispielsweise einer Zahlen- oder Buchstabenabfolge zugeordnet.

[0077] Weiterhin wird das Wesen der Erfindung durch die Bereitstellung eines Verfahren zum Auslesen der Lumineszenzcodes und zur Echtheitsverifizieren der beispielsweise als Markierungen ausgebildeten Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals des erfindungsgemäßen Codierungssystems bestimmt. Dieses Verfahren umfasst: das Anregen der in den Sicherheitselementen vorhandenen Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen mit einer vorgegebenen

unsichtbaren Anregungsstrahlung, die insbesondere von geeigneten UV- oder IR- Strahlungsquellen erzeugt wird, das Erfassen der elektromagnetischen Spektren diese Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen in einem vorbestimmten sichtbaren Spektralbereich mit der Hilfe geeigneter optischer Spektrometer, sowie das Auswerten der Messergebnisse und die abschließende Echtheitsbewertung, wobei die Anwesenheit der hinterlegten Code relevanten Emissionscharakteristika geprüft und mit der hinterlegten Codeinformation verglichen wird.

[0078] Der erforderliche technische Aufwand für die sichere Verifikation der in die einzelnen, das jeweilige Sicherheitsmerkmal des Codierungssystems bildenden, Sicherheitselemente eingebrachten farbidentischen bzw. farbgleichen Lumineszenzcodes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die Breite des im Sichtbaren zu detektierenden Spektralbereiches und das Ausmaß der Komplexität der individuellen, vorzugsweise exklusiven Emissionsspektren der verwendeten Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen, wobei insbesondere geringe spektrale Abstände zwischen den Maxima der für die Codebildung relevanten charakteristischen Emissionslinien und/oder -banden die Verwendung von leistungsfähigen optischen Spektrometern mit einem hohen spektralen Auflösungsvermögen erfordern.

[0079] Ein weiterer wesentlicher Faktor betrifft darüber hinaus die sich aus der praktischen Anwendung der erfindungsgemäßen Sicherheitsmerkmale in Wert- und Sicherheitsdokumenten bzw. im Produktschutz ergebenden Anforderungen an die Detektionsgeschwindigkeit. Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass sich auf der Grundlage der Erfindung maschinenlesbare Level-3-Sicherheitsmerkmale zusammenstellen lassen, deren Lumineszenzcodes sowohl bei den in Geldautomaten (ATM, Cash Management System) als auch bei den in den Sortiermaschinen der Zentralbanken üblichen Detektionsgeschwindigkeiten sicher verifiziert werden können.

[0080] Andererseits ist es im Sinne der Fälschungssicherheit natürlich durchaus vorteilhaft, wenn beispielsweise zumindest zwei der individuell ausgezeichneten Emissionslinien der farbidentischen Sicherheitselemente so eng beieinander liegen, dass sie nicht ohne größeren technischen Aufwand voneinander unterschieden werden können.

[0081] Der Vorteil der Erfindung liegt hier in dem großen Spielraum für die konkrete Ausgestaltung der zu einem erfinderischen Sicherheitsmerkmal gehörenden Sicherheitselemente, der durch die vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten der unterschiedlichen Leuchtstoffe eröffnet wird. So kann für das jeweils auszubildende Sicherheitsmerkmal genau entschieden werden, wie gering der spektrale Abstand der beispielsweise zumindest zwei individuell ausgezeichneten Emissionslinien mit Blick auf das höchste Maß an Fälschungssicherheit sein sollte und wie gering er in Anbetracht der Verifikationsumstände, beispielsweise unter den Bedingungen einer Hochgeschwindigkeitsdetektion, sein kann. In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist deshalb vorgesehen, dass die Maxima von zumindest zwei der individuell ausgezeichneten, vorzugsweisen exklusiven Emissionslinien der zu einem Sicherheitsmerkmal gehörenden Sicherheitselemente im elektromagnetischen Spektrum nur wenige Nanometer voneinander entfernt liegen, wobei diese bevorzugt einen Abstand von weniger als 10 nm, besonders bevorzugt einen Abstand von weniger als 5 nm und, ganz besonders bevorzugt einen Abstand von weniger als 3 nm aufweisen.

[0082] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht im Weiteren darin, dass die zu Sicherheitsmerkmalen zusammengestellten Sicherheitselemente nicht nur bei einer vorgegebenen optischen Anregung, sondern zumindest auch bei einer weiteren, von der ersten grundsätzlich unterscheidbaren optischen Anregung, vom menschlichen Auge als farbgleich wahrgenommen werden. Wie allgemein bekannt und bereits beschrieben, wird der ultraviolette Spektralbereich in der Literatur und in der technischen Abwendung in die Bereiche UV-A- (380-315 nm), UV-B- (315-280 nm) und in den UV-C-Strahlungsbereich (280-100 nm) unterteilt, wobei für die einzelnen definierten Strahlungsarten auch jeweils unterschiedliche Strahlungsquellen zur Verfügung stehen. In diesem Zusammenhang hat sich überraschenderweise gezeigt, dass für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Sicherheitsmerkmals des Codierungssystems auch solche Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen ausgewählt werden können, deren vorzugsweise exklusiven Emissionsspektren, beispielsweise sowohl bei der Anregung mit UV-A- als auch UV-B-Strahlungsquellen im CIE-Normfarbsystem identische Farbkoordinaten bzw. solche aufweisen, die innerhalb ausgewiesener Toleranzfarbbereiche liegen, so das alle mit unterschiedlichen Lumineszenzcodes ausgestatteten Sicherheitselemente des entsprechenden Sicherheitsmerkmals unter beiden Anregungsbedingungen von Betrachter als farbgleich wahrgenommen werden.

[0083] Darüber hinaus konnte nachgewiesen werden, dass auf der Grundlage der Erfindung auch für den Wechsel zwischen UV-A- und UV-C-Anregung oder aber für den Wechsel zwischen UV-B und UV-C-Anregung lumineszierende Sicherheitselemente bereitgestellt werden können, bei denen die nach der Anregung wahrnehmbaren Farbeindrücke auch bei Änderung der Anregungsbedingungen erhalten bleiben. In einer ganz besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die für die Ausbildung eines Sicherheitsmerkmals des Codierungssystems ausgewählten Sicherheitselemente bei allen in ultravioletten Spektralbereich einstellbaren Anregungsbedingungen, also sowohl bei Anregung mit UV-A-, UV-B oder UV-C-Strahlungsquellen vom Betrachter als farbgleich identifiziert.

[0084] Die Vielfalt der Variationsmöglichkeiten für die Ausführung der Erfindung kommt auch darin zum Ausdruck, dass selbst bei einer durch den Wechsel der UV- Anregungsquellen verursachten Änderung der wahrnehmbaren Farbeindrücke der Sicherheitselemente die Emissionsspektren der ausgewählten Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen in vorteilhafter Weise so eingestellt werden können, dass die lumineszierenden Elemente unter den jeweils definierten Anregungsbedingungen als untereinander farbgleich bewertet werden. Das bedeutet, dass der Betrachter alle

Sicherheitselemente bei der einen Anregungsart beispielsweise als farbgleich rot und bei der anderen Anregungsart beispielsweise als farbgleich grün wahrnimmt.

[0085] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die für die Ausbildung eines erfindungsmässigen Sicherheitsmerkmals verwendeten Sicherheitselemente, die bei unterschiedlichen Anregungsbedingungen vorzugsweise in UV-Spektralbereich gleiche Farbeindrücke aufweisen auch so ausgestattet werden, dass die für die Ausbildung der Level-3- Sicherheitscodes erforderlichen individuell ausgezeichneten, und insbesondere exklusiven Emissionslinien und/oder Emissionsbanden nur bei einer der unterschiedlichen Anregungsarten emittiert werden und somit nur unter diesen Anregungsbedingungen für die Echtheitsverifikation zur Verfügung stehen.

[0086] Um die Sicherheit der Sicherheitselemente weiter zu erhöhen, kann es zweckmässig sein, weitere Informationen mit in die Verifikation einzubeziehen. Deshalb ist in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ferner vorgesehen, dass das Codierungssystem eine weitere Information über eine Anordnung und/oder eine Kontur der Sicherheitselemente auf oder in dem Sicherheits- oder Wertdokument ausbildet. Eine solche Anordnung kann beispielsweise eine bestimmte Position auf dem Sicherheits- oder Wertdokument sein. Das Sicherheitselement selber kann aber auch eine bestimmte Kontur aufweisen, beispielsweise die Form eines Zeichens, eines Symbols, einer Ziffer oder eines Piktogramms. Bei der Verifikation werden dann zusätzlich die Position auf dem Sicherheits- oder Wertdokument und/oder die Anordnung und/oder das Vorliegen der entsprechenden Kontur des Sicherheitselements überprüft.

[0087] Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1a - e: die Emissionsspektren von drei Modellleuchtstoffen sowie die dazugehörigen Farbkoordinaten, dargestellt in einem CIE- Normfarbsystem bzw. der Normfarbtafel des CIE-Normfarbsystems,

Fig. 2a - f: die Emissionsspektren von Leuchtstoffkombinationen, die aus den in den Fig. 1a bis Fig. 1e gezeigten drei Modellleuchtstoffen gebildet sind, und deren Farbkoordinaten mit dem vorgegebenen Zielfarbt übereinstimmen,

Fig. 3a - e: weitere Emissionsspektren von drei anderen Modellleuchtstoffen sowie die dazugehörigen - in einem CIE- Normfarbsystem bzw. der Normfarbtafel - dargestellte Farbkoordinaten dieser Modellleuchtstoffe,

Fig. 4a - e: die Emissionsspektren von Leuchtstoffkombinationen, die aus den in den Fig. 3a bis Fig. 3e gezeigten drei anderen Modellleuchtstoffen gebildet sind, und deren Farbkoordinaten mit dem in der Fig. 4a gekennzeichneten Zielfarbt übereinstimmen,

Fig. 5a - e: Beispiele für weitere farbidentische Emissionsspektren von weiteren Leuchtstoffkombinationen aus vier Modellleuchtstoffen, wobei die Farbkoordinaten der vier einzelnen Modellleuchtstoffe gemäß Fig. 5a in Form eines Vierecks um einen möglichen Zielfarbt positioniert sind,

Fig. 6a - c: beispielhaft drei reale Emissionsspektren von drei ausgewählten realen Leuchtstoffen,

Fig. 7a - e: beispielhaft Emissionsspektren von Leuchtstoffkombinationen, insbesondere Leuchtstoffpaaren und Dreierkombinationen, die aus den in den Fig. 6a bis Fig. 6c gezeigten drei ausgewählten realen Leuchtstoffen gebildet sind,

Fig. 8: die Farbkoordinaten in der CIE-Normfarbtafel der in den Fig. 7a - e gezeigten Emissionsspektren der Leuchtstoffpaare und Dreierkombinationen der drei ausgewählten realen Leuchtstoffen, und

Fig. 9 a & b: die Farbkoordinaten in der CIE-Normfarbtafel der in den Fig. 6a - c sowie in den Fig. 7a - e gezeigten Emissionsspektren der ausgewählten realen Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen sowie einen ermittelten Toleranzfarbbereich für die beschriebenen realen Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen bei unterschiedlichen Anregungsbedingungen, nämlich einmal bei einer 313 nm-Anregung (Fig. 9a:) und ein anders Mal bei einer 365 nm-Anregung (Fig. 9a).

[0088] Darüber hinaus werden bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung auch unter Bezugnahme auf die nachfolgenden Tabellen näher erläutert, wobei diese das Folgende beschreiben, nämlich:

Tab. 1: Lumineszenz-spezifische Daten von drei ausgewählten Modellleuchtstoffen wie sie insbesondere in den Fig. 1c bis 1e beschrieben sind,

Tab. 2 Mischungsverhältnisse für die Ausbildung von Leuchtstoffkombinationen, deren Farbkoordinaten mit dem vorgegebenen Zielfarbt übereinstimmen, wie sie in den Fig. 2a bis 2j beschrieben sind,

Tab. 3 Lumineszenz-spezifische Daten von weiteren drei ausgewählten Modellleuchtstoffen wie sie insbesondere in den Fig. 3c bis 3e beschrieben sind,

Tab. 4 Mischungsverhältnisse für die Ausbildung von Kombinationen der weiteren drei Modellleuchtstoffe, deren Farbkoordinaten mit dem vorgegebenen Zielfarbt übereinstimmen, wie sie in den Fig. 4a bis 4e beschrieben sind,

Tab. 5 Lumineszenz-spezifische Daten von vier ausgewählten Modellleuchtstoffen wie sie insbesondere in den Fig. 5a bis 5e beschrieben sind,

Tab. 6 Mischungsverhältnisse für die Ausbildung von farbidentlichen Kombinationen der vier Modellleuchtstoffe, und

Tab. 7 Farbkoordinaten der ausgewählten drei realen Leuchtstoffe sowie der nach den angegebenen Mischungsverhältnissen aus diesen Leuchtstoffen gebildeten Kombinationen.

[0089] In der Fig. 1a ist eine schematische Darstellung der CIE-Normfarbtafel 5 des CIE-Normvalenzsystems dargestellt. Das CIE-Normvalenzsystem wurde definiert, um eine Relation zwischen der menschlichen Farbwahrnehmung und den physikalischen Ursachen des Farbreiz herzustellen und erfasst typischerweise die Gesamtheit aller wahrnehmbaren Farben, wobei es sich dabei auf einen definierten Normalbeobachter bezieht.

[0090] Darüber hinaus zeigen Fig. 1a und insbesondere der vergrößerte Teilbereich in der Fig. 1b die x- und y-Farbkoordinaten 10, 20, 30 der Emissionslinien von drei simulierten, möglichen Einzelleuchtstoffen in der CIE-Normfarbtafel. Dabei zeigt die Vergrößerung gemäß Fig. 1b, dass diese Farbkoordinaten 10, 20, 30 in der CIE-Normfarbtafel im Wesentlichen auf einer Geraden liegen. Zur Verdeutlichung sind die Farbkoordinaten 10, 20, 30 mit unterschiedlichen Symbolen, nämlich Farbkoordinate 10 als Dreieck Δ , Farbkoordinate 20 als Quadrat \square und Farbkoordinate 30 als Kreis o dargestellt, wobei die Fig. 1c bis 1e dann die dazugehörigen Emissionsspektren (Emissionslinien) 1, 2, 3 zeigen.

[0091] Trotz der geringen spektralen Abstände der Emissionslinien und der geringen Abstände der berechneten Farbkoordinaten ist es nicht möglich, unter Verwendung der ausgewählten modellierten Einzelleuchtstoffe farbgleiche Sicherheitselemente zur Ausbildung eines von Sicherheitsmerkmalen bereitzustellen. Untersuchungen haben ergeben, dass eine Fläche des durch die Farbkoordinaten der zu Simulationszwecken verwendeten Emissionslinien aufgespannten Farbbereiches in etwa das 7-fache der nächstliegenden MacAdam-Ellipse ausmacht.

[0092] In den Fig. 1c bis 1e sind die für Modellrechnungen verwendeten Emissionsspektrum 1, 2, 3 der drei ausgewählten, modellierten und schmalbandig emittierenden (fiktiven) Leuchtstoffe dargestellt. Mit anderen Worten zeigen die Fig. 1c bis 1e die Emissionsspektren, welche zu den x- und y- Farbkoordinaten der in der Figur 1b gezeigten Farbkoordinaten 10, 20, 30 bzw. den Symbolen Δ , \square und o gehören. Die Wellenlängen der Emissionsmaxima der Emissionslinien liegen für das Emissionsspektrum 1 (Δ -Symbol) bei 619,8 nm, für das Emissionsspektrum 2 (\square -Symbol) bei 624,2 nm und für das Emissionsspektrum 3 (o-Symbol) bei 626,4 nm sehr eng beieinander. Die Halbwertbreiten der individuell ausgezeichneten Emissionslinien wurden auf 1 nm festgelegt. Die charakteristischen Daten der ausgewählten Modellleuchtstoffe sind nochmals in der nachfolgenden Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite
	λ_{\max}/nm	x	y	nm
Modellleuchtstoff 1 (Dreieck Δ)	619,8	0,691	0,309	1
Modellleuchtstoff 2 (Quadrat \square)	624,2	0,699	0,301	1
Modellleuchtstoff 3 (Kreis o)	626,4	0,703	0,297	1

[0093] Die Fig. 2a und 2b zeigen erneut (wie auch Fig. 1a) eine Darstellung der x- und y-Farbkoordinaten 10, 20, 30 der Emissionsspektren/Emissionslinien 1, 2, 3 der drei simulierten, möglichen Einzelleuchtstoffe in der CIE-Normfarbtafel wie sie bereits in der Fig. 1 dargestellt wurden. Darüber hinaus ist auch eine mögliche definierte Zielfarbkoordinate / ein

Zielfarbart 50 vorgegeben und mit dem Symbol * gekennzeichnet.

[0094] Die in der Fig. 2 zusammengefassten Darstellungen, sowie die in der Tab. 2 aufgeführten Daten zeigen, dass sich die mögliche, vorgegebene Zielkoordinat bzw. der vorgegebene Zielfarbart 50 (vergl. Fig. 2b) durch unterschiedliche Kombinationen der drei ausgewählten Modellleuchtstoffes realisieren lässt. In diesem Falle werden mehrere farbidentische Emissionsspektren 12, 13, 123-1 oder 123-2 erhalten, die zur Ausbildung farbgleicher Lumineszenzcodes verwendet werden können.

Tab. 2

Zielfarbart (* Symbol) $x = 0,696, y = 0,304$	Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil/%		
	Leuchtstoff 1	Leuchtstoff 2	Leuchtstoff 3
Mischung 12	32	68	
Mischung 13	50		50
Mischung 123-1	44	27	29
Mischung 123-2	46	17	37

[0095] Dabei ist die Anzahl der auf diese Weise generierbaren farbidentischen Sicherheitselemente davon abhängig, ob zur Codezuweisung ausschließlich die unterschiedliche spektrale Abfolge der ausgewählten linienhaften Emissionen herangezogen wird oder ob auch die Intensitätsverhältnisse zwischen den einzelnen individuell ausgezeichneten Emissionslinien als codebildende Eigenschaft einbezogen werden. Im zuerst betrachteten Fall können auf der Grundlage der ausgewählten Leuchtstoffe also exakt drei unterscheidbare Emissionsspektren mit identischen Farbkoordinaten erstellt werden. Diese betreffen die jeweils paarweise Kombination von zwei der drei Leuchtstoffe (Fig. 2c und 2d) eine entsprechende Dreierkombination. Beispiele für das Emissionsspektrum dieser einen Dreierkombination sind in den Fig. 2e und 2f dargestellt.

[0096] Hierbei zeigen Fig. 2c das Emissionsspektrum 12, welches eine Kombination aus einem ersten und einem zweiten Leuchtstoff ist. Fig. 2d zeigt das Emissionsspektrum 13, welches eine Kombination aus dem ersten und dritten Leuchtstoffes ist und die Fig. 2e zeigt das Emissionsspektrum 123-1, welches für eine mögliche Dreierkombination des ersten, zweiten und dritten Modellleuchtstoffes steht. Fig. 2f zeigt das Emissionsspektrum 123-2, einer alternativen Dreierkombination des ersten, zweiten und dritten Modellleuchtstoffes, welche durch ein anderes Mischungsverhältnis gekennzeichnet ist.

[0097] Werden auch die unterschiedlichen Intensitätsverhältnisse (wie z.B. bei Fig. 2e und Fig. 2f) zwischen den einzelnen charakteristischen Emissionslinien zur Codeerstellung verwendet, ergeben sich weitere Möglichkeiten, durch Variation der Mischungsverhältnisse farbgleiche Emissionsspektren von unterschiedlichen Dreierkombinationen bereitzustellen. Fig. 2f zeigt ein mögliches Beispiel für eine weitere Kombination der Emissionsspektren der drei fiktiven Leuchtstoffe, bei der sich die eingestellten Intensitätsverhältnisse der codebildenden Linien signifikant von denen der Fig. 2e unterscheiden.

[0098] Die Fig. 3a bis 3e und Fig. 4a bis 4e sowie die dazugehörigen Tabellen 3 und 4 (siehe unten) veranschaulichen ein weiteres mögliches Beispiel für die Erstellung eines Codierungssystems auf der Grundlage von drei anderen Modellleuchtstoffen, die ebenfalls singuläre Emissionen und Farbkoordinaten aufweisen, die in der CIE-Farbtabelle wiederum auf einer Geraden liegen. In den Fig. 3c bis 3e sind die für Modellrechnungen verwendeten Emissionsspektren 1', 2', 3' der drei ausgewählten, modellierten (fiktiven) Leuchtstoffen dargestellt. Aus ihnen lassen sich die x- und y- Farbkoordinaten 10', 20', 30' denen in den Figuren 3a und 3b die Symbole Δ , \square und \circ zugeordnet sind.

[0099] Im Vergleich zu den in den vorausgegangenen Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen Modellleuchtstoffen weisen die für dieses Beispiel ausgewählten fiktiven Leuchtstoffe deutlich größere Abstände zwischen den unterschiedlichen Emissionsmaxima auf. Darüber hinaus wurden die Halbwertbreiten der Modellleuchtstoffe so eingestellt, dass sowohl linienförmige (vgl. z. B. Fig. 3e) als auch bandenförmige Emissionen (vgl. z. B. Fig. 3d) resultieren. Aus den Fig. 3a und 3b geht hervor, dass auf Grund der vergleichsweise großen spektralen Abstände auch die Farbkoordinaten der Beispielleuchtstoffe in der CIE-Normfarbtabelle weit auseinander liegen. Die entsprechenden Farb-eindrücke weisen einen deutlichen Farbshift und damit einen deutlichen Farbunterschied auf und variieren von Grün zu Rot.

Tab. 3

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite
	λ_{\max}/nm	x	y	nm
Modellleucht-stoff 1 (Dreieck Δ)	545	0,268	0,721	13
Modellleuchtstoff 2 (Quadrat \square)	574	0,473	0,526	25
Modellleuchtstoff 3 (Kreis o)	600	0.627	0.373	4

Tab. 4

Zielfarbart (* Symbol) x = 0,443, y = 0,554	Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil/%		
	Modellleuchtstoff 1	Modellleuchtstoff 2	Modellleuchtstoff 3
Mischung 12'	31	69	
Mischung 13'	63		37
Mischung 123-1'	22	73	5
Mischung 123-2'	47	36	17

[0100] Auch in diesem Fall können durch gezielte Kombination der Leuchtstoffe unterscheidbare Emissionsspektren 12', 13', 123-1', 123-2' mit identischen Farbkoordinaten (der Zielfarbart wurde wieder mit dem Symbol * gekennzeichnet, vgl. Fig. 4a). und auf dieser Grundlage farbidentische bzw. zumindest farbgleiche Sicherheitselemente erstellt werden. Die Fig. 4b und 4c zeigen die Emissionsspektren 12', 13' der entsprechend konfigurierten Leuchtstoffpaare, die Fig. 4d und 4e die Emissionsspektren 123-1', 123-2' von zwei beispielhaft ausgewählten Dreierkombinationen, die durch unterschiedliche Intensitätsverhältnisse der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und Emissionsbanden gekennzeichnet sind.

[0101] In den Abbildungen der Figur 5 ist ein weiteres Beispiel zur Verdeutlichung der Erfindung dargestellt, wobei die zugehörigen Daten den Tab. 5 und 6 zu entnehmen sind. In diesem Falle wurden die Emissionslinien von vier fiktiven Leuchtstoffen mit denen in der Fig. 5a dargestellten Farbkoordinaten 10", 20", 30", 40" (wiederum dargestellt mit den Symbolen: Dreieck Δ , Quadrat \square , Kreis o und Kreis mit Kreuz \otimes) in der Form eines Vierecks um einen Zielfarbart 50" (* Symbol) herum gruppiert. Gleichzeitig wurde die Positionierung des Zielfarbortes 50" so vorgenommen, dass er zwischen jeweils zwei der angenommenen Farbkoordinaten der Modellleuchtstoffe liegt, d.h. auf den Diagonalen der sich jeweils gegenüberliegenden Farbkoordinaten. Dadurch ergeben sich neben zahlreichen Varianten für Viererkombinationen (für die beispielsweise die Fig. 5b, 5d und 5f stehen, weitere sind möglich) auch zwei Emissionsspektren 13", 24" mit einer paarweisen Anordnung der ausgewählten individuellen Emissionslinien (vergl. Fig. 5c und 5e). Bei andersgearteten Vorgaben für den Zielfarbart wäre es auch möglich, zu Lasten einer der Zweierkombination eine farbidentische Dreierkombination einzustellen.

Tab. 5

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite
	λ_{\max}/nm	x	y	nm
Modellleuchtstoff 1 (Dreieck Δ)	450	0,156	0,019	15
Modellleuchtstoff 2 (Quadrat \square)	500	0,018	0,529	15
Modellleuchtstoff 3 (Kreis o)	550	0,305	0,688	15
Modellleuchtstoff 4 (Kreis mit Kreuz \otimes)	630	0,705	0,295	15

Tab. 6

Zielfarbart (* Symbol) $x = 0,250$, $y = 0,450$	Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil/%			
	Leuchtstoff 1	Leuchtstoff 2	Leuchtstoff 3	Leuchtstoff 4
Mischung 13"	27		73	
Mischung 24"		74		26
Mischung 1234-1"	19	22	52	7
Mischung 1234-2"	12	41	33	14
Mischung 1234-3"	6	58	16	20

[0102] Die durch das Hinzufügen eines weiteren Leuchtstoffes deutlich erhöhte Anzahl möglicher Codezuweisungen wird allerdings vor allem durch die große Vielfalt von farbidentlichen Viererkombinationen mit unterschiedlichen Intensitätsverhältnissen verursacht. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass in den Fällen, in denen bei gleicher spektraler Abfolge lediglich die Intensitätsverhältnisse zwischen den kombinierten Emissionslinien oder Emissionsbänden als co-debildendes Kriterium herangezogen werden (vergl. auch die Fig. 2e und 2f sowie die Fig. 4d und 4e), geprüft werden muss, ob diese Intensitätsrelationen unter den Bedingungen der praktischen Anwendung auch sicher verifiziert werden können. Dies betrifft sowohl die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Detektionstechnik als auch die Fragestellung, ob die Verhältnisse der Emissionsintensitäten der unterschiedlichen Einzelleuchtstoffen, bei denen es sich ja in aller Regel um Leuchtstoffe mit unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung handelt, auch über den gesamten Lebenszyklus der mit den Sicherheitselementen ausgestatteten Sicherheits- und Wertdokumente in akzeptierbaren Toleranzgrenzen erhalten bleiben. Die unterschiedliche Alterungsbeständigkeit der ausgewählten Leuchtstoffe kann einerseits dazu führen, dass die Farbgleichheit der erstellten Sicherheitselemente über die Nutzungsdauer verloren geht und andererseits dazu, dass eine auf definierten Intensitätsverhältnissen beruhende Codezuweisung im Extremfall nicht mehr sicher erkannt werden kann.

[0103] Die Figuren 6 bis 9 und Tab. 7 beschreiben ein Beispiel zur Konfigurierung eines erfinderischen Sicherheitsmerkmals, das auf der Verwendung realer Leuchtstoffe mit entsprechend charakteristischen Emissionsspektren 1^{'''}, 2^{'''}, 3^{'''} beruht. Dabei wurden zur Herstellung der benötigten farbgleichen Sicherheitselemente drei anorganische, europiumaktivierte Seltenerdpigmente ausgewählt, und in Form standardisierter Markierungen (Druckstreifen) auf eine Papierunterlage appliziert. Die bei einer vorgegebenen Anregung im UV-B-Bereich (313 nm-Anregungsquelle) gemessenen Emissionsspektren dieser drei Leuchtstoffe sind in der Fig. 6 a bis Fig. 6c dargestellt. Die Emissionsspektren 1^{'''}, 2^{'''}, 3^{'''} der drei realen (Einzel-)Leuchtstoffe weisen ein Ensemble mehrerer charakteristische Emissionslinien auf. Daraus ergeben sich weitere Möglichkeiten für eine Codezuordnung, die nicht nur die jeweiligen Hauptemissionslinien dieser Leuchtstoffe, sondern auch unterschiedliche Nebenlinien betreffen kann.

[0104] Andererseits wird aus Fig. 6 jedoch deutlich, dass einige der in den Emissionsspektren 1^{'''}, 2^{'''}, 3^{'''} der verschiedenen Leuchtstoffe anzutreffenden Emissionslinien sehr eng beieinander liegen oder sich sogar überlappen. In diesen Fällen muss abgewogen werden, ob eine Einbeziehung derartiger Linien in die Codebildung unter Beachtung des Gebotes einer sicheren Verifizierung und des für die geplante technische Anwendung vertretbaren Aufwandes sinnvoll ist.

[0105] In der Fig. 7a bis Fig. 7e sind die (bei einer 313 nm-Anregung) gemessenen Emissionsspektren 12^{'''}, 13^{'''}, 23^{'''}, 123-1^{'''}, 123-2^{'''} und 123-3^{'''} der bei vorgegebenen Mischungsverhältnissen (vergl. Tab. 7) unter Standardbedingungen hergestellten Andrucke unterschiedlicher Leuchtstoffkombinationen (drei Leuchtstoffpaare sowie zwei Dreierkombinationen mit unterschiedlichen Intensitätsverhältnissen) zusammengestellt.

Tab. 7

	Farbkoordinaten				Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil/%		
	Anregung 313 nm		Anregung 365 nm		Erster Leuchtstoff 1 ^{'''}	Zweiter Leuchtstoff 2 ^{'''}	Dritter Leuchtstoff 3 ^{'''}
	x	y	x	y			
Leuchtstoff 1 ^{'''}	0,6690	0,3283	0,6665	0,3240			

(fortgesetzt)

	Farbkoordinaten				Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil/%		
	Anregung 313 nm		Anregung 365 nm		Erster Leuchtstoff 1'''	Zweiter Leuchtstoff 2'''	Dritter Leuchtstoff 3'''
	x	y	x	y			
Leuchtstoff 2'''	0,6737	0,3226	0,6723	0,3215			
Leuchtstoff 3'''	0,6740	0,3219	0,6724	0,3216			
Mischung 12'''	0,6720	0,3250	0,6728	0,3221	20	80	
Mischung 13'''	0,6710	0,3253	0,6695	0,3216	20		80
Mischung 23'''	0,6742	0,3224	0,6729	0,3217			
Mischung 123-1'''	0,6710	0,3251	0,6702	0,3216	17	41	42
Mischung 123-2'''	0,6723	0,3243	0,6172	0,3216	11	44	45

[0106] Trotz der vergleichsweise hohen Komplexität enthalten die beispielhaften Emissionsspektren 12''', 13''', 23''', 123-1''', 123-2''' und 123-3''' zahlreiche hinreichend separate Linien und stabile Intensitätskonstellationen, denen ein Lumineszenzcode zugewiesen werden kann. Dies betrifft sowohl die Hauptemissionslinien der in die Kombinationen eingegangenen Einzelelektroden als auch weitere Linien und charakteristische Liniengruppierungen. Die teilweise geringen spektralen Abstände zwischen den coderelevanten Emissionen stellen zwar bezüglich des spektralen Auflösungsvermögens und der Leistungsfähigkeit der verwendeten Detektionseinrichtungen eine Herausforderung dar, es hat sich aber gezeigt, dass auf der Grundlage der in diesem Ausführungsbeispiel beschriebenen Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen Sicherheitselemente bereitgestellt werden können, deren codebildende Emissionscharakteristika auch bei vergleichsweise hohen Auslesegeschwindigkeiten (beispielsweise in Geldautomaten oder in Sortiermaschinen von Zentralbanken) sicher verifiziert werden können.

[0107] Bleibt die Frage nach der Farbgleichheit der dargestellten Emissionsspektren 12''', 13''', 23''', 123-1''', 123-2''' und 123-3''' der beispielhaften Leuchtstoffe und Leuchtstoffkombinationen. In der Fig. 8 sind die aus den jeweiligen Emissionsspektren 12''', 13''', 23''', 123-1''', 123-2''' und 123-3''' errechneten Farbkoordinaten 10''', 20''', 30''', 130''', 230''', 1230-1''', 1230-2''' und 1230-3''' in einem Ausschnitt der CIE-Normfarbtafel dargestellt. Es wird deutlich, dass diese Koordinaten, wie zu erwarten, zumindest tendenziell auf einer Geraden liegen, wobei sie allerdings eine deutlich wahrnehmbare Streuung aufweisen. Dabei sind einerseits die starke Vergrößerung des ausgewählten Bereiches der CIE-Normfarbtafel, andererseits aber auch die Tatsache, dass die Mischungsverhältnisse für die Bereitstellung der unterschiedlichen Leuchtstoffkombinationen zunächst vergleichsweise willkürlich gewählt wurden, in Rechnung zu stellen.

[0108] Zur Ermittlung des Ausmaßes an wahrgenommenen Farbunterschieden bzw. wahrgenommener Farbgleichheit wurden im Folgenden weiterführenden Untersuchungen auf der Grundlagen der Befragung von Testpersonen durchgeführt. Dabei konnten die Probanden unter definierten Anregungs- und Betrachtungsbedingungen über die Farbgleichheit oder wahrgenommenen Farbunterschiede der mit den beispielhaften Leuchtstoffen und Leuchtstoffkombinationen ausgestatteten und in Form von Druckstreifen vorliegenden Sicherheitselemente entscheiden.

[0109] Die Ergebnisse sind in der Fig. 9a dargestellt. Die Fig. 9a zeigt, dass die Farbkoordinaten nahezu aller vorgelegten lumineszierenden Sicherheitsmerkmale (also auch die der Einzelkomponenten 20''' und 30''') in einer auf der Grundlage der psychometrischen Messungen ermittelten Toleranzellipse 51 liegen, was bedeutet, dass sie von den Probanden mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit als farbgleich wahrgenommen wurden. Eine Ausnahme bildet lediglich die für den Einzelelektroden berechnete Farbkoordinate 10''', welcher außerhalb der Toleranzellipse/Toleranzfarbbereich 51 liegt.

[0110] Ein vergleichbares Bild ergibt sich auch, wenn die beispielhaften Sicherheitselemente nicht bei 313 nm (UV-B), sondern bei 365 nm, also im UV-A-Bereich angeregt werden. Auch in diesem Falle (vergl. Fig. 9b) liegen sieben der acht Farbkoordinaten der geprüften Druckstreifen innerhalb einer auf der Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen

erstellten Toleranzellipse. Die Form des Toleranzfarbbereiches unterscheidet sich etwas von demjenigen Bereich, der für die Anregung mit einer 313 nm- Bestrahlungsquelle ermittelt wurde. Dennoch kann die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die entsprechenden Sicherheitselemente nicht nur unter den jeweils gewählten Anregungsbedingungen, sondern auch bei einem Wechsel zwischen der UV-A- und der UV- B-Anregung als farbidentisch wahrgenommen werden, als sehr hoch eingeschätzt werden.

Bezugszeichenliste

[0111]

10	1,1',1"	Emissionsspektrum eines ersten (Einzel-)Leuchtstoffes
	2,2',2"	Emissionsspektrum eines zweiten (Einzel-)Leuchtstoffes
	3,3',3"	Emissionsspektrum eines dritten (Einzel-)Leuchtstoffes
	4,4',4"	Emissionsspektrum eines weiteren (Einzel-)Leuchtstoffes
15	5	CIE-Normfarbtafel des CIE-Normvalenzsystem
	12,12',12"	Emissionsspektrum einer Kombination des ersten und zweiten Leuchtstoffs
	13,13',13"	Emissionsspektrum einer Kombination des ersten und dritten Leuchtstoffes
	23,23',23"	Emissionsspektrum einer Kombination des zweiten und dritten Leuchtstoffes
	24,24',24"	Emissionsspektrum einer Kombination des zweiten und des weiteren Leuchtstoffes
20	10,10',10"	Farbkoordinaten im CIE-Normfarbsystem des ersten (Einzel-)Leuchtstoffes
	20,20',20"	Farbkoordinate im CIE-Normfarbsystem des zweiten (Einzel-)Leuchtstoffes
	30,30',30"	Farbkoordinate im CIE-Normfarbsystem des dritten (Einzel-)Leuchtstoffes
	40,40',40"	Farbkoordinate im CIE-Normfarbsystem des weiteren (Einzel-)Leuchtstoffes
	50,50',50"	Zielkoordinate/Zielfarbtort im CIE-Normfarbsystem
25	123-1	Emissionsspektrum einer ersten Dreierkombination des ersten, zweiten und dritten Leuchtstoffes,
	123-2	Emissionsspektrum einer weiteren Dreierkombination des ersten, zweiten und dritten Leuchtstoffes,
	1234-1	Emissionsspektrum einer ersten Viererkombination des ersten, zweiten, dritten und des weiteren Leuchtstoffes,
	1234-2	Emissionsspektrum einer weiteren Viererkombination des ersten, zweiten, dritten und des weiteren Leuchtstoffes,
30	1234-3	Emissionsspektrum einer weiteren Viererkombination des ersten, zweiten, dritten und des weiteren Leuchtstoffes,
	1'''	Emissionsspektrum eines ersten realen (Einzel-)Leuchtstoffes
	2'''	Emissionsspektrum eines zweiten realen (Einzel-)Leuchtstoffes
35	3'''	Emissionsspektrum eines dritten realen (Einzel-)Leuchtstoffes
	4'''	Emissionsspektrum eines weiteren realen (Einzel-)Leuchtstoffes
	12'''	Emissionsspektrum einer Kombination des ersten und zweiten realen Leuchtstoffs
	13'''	Emissionsspektrum einer Kombination des ersten und dritten realen Leuchtstoffes
	24'''	Emissionsspektrum einer Kombination des zweiten und dritten realen Leuchtstoffes
40	123-1'''	Emissionsspektrum einer dreier Kombination des ersten, zweiten und dritten realen Leuchtstoffes
	123-2'''	Emissionsspektrum einer weiteren dreier Kombination des ersten, zweiten und dritten realen Leuchtstoffes
	10'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 1''' des ersten realen (Einzel) Leuchtstoffes
	20'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 2''' des zweiten realen (Einzel)Leuchtstoffes
	30'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 3''' des dritten realen (Einzel) Leuchtstoffes
45	120'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 12''' einer paarweisen Kombination des ersten und zweiten realen Leuchtstoffs
	130'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 13''' einer paarweisen Kombination des ersten und dritten realen Leuchtstoffs
	230'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 23''' einer paarweisen Kombination des zweiten und dritten realen Leuchtstoffs
50	240'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 24''' einer paarweisen Kombination des zweiten und des weiteren realen Leuchtstoffs
	1230-1'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 123-1'''
	1230-2'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum 7123-1'''
55	12340-1'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum einer ersten Viererkombination
	12340-2'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum einer zweiten Viererkombination
	12340-3'''	Farbkoordinate für das Emissionsspektrum einer dritten Viererkombination
51		durch Probandenbefragung ermittelter Toleranzfarbbereich in der CIE-Normfarbtafel

Patentansprüche

1. Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten, umfassend verschiedene, im nicht-sichtbaren Spektralbereich anregbare und im sichtbaren Spektralbereich emittierende Leuchtstoffe und/oder aus ihnen erstellbare Leuchtstoffkombinationen, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen bei einer vorgegebenen Anregung jeweils unterschiedliche Emissionsspektren im sichtbaren Spektralbereich aufweisen, so dass jeder der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen durch mindestens eine individuell ausgezeichnete Emissionslinie und/oder Emissionsbande charakterisiert ist, die sich von den individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der anderen Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen unterscheidet, wobei
 - das Codierungssystem mindestens drei Leuchtstoffe umfasst, wobei die mindestens drei Leuchtstoffe und/oder die aus diesen Leuchtstoffen erstellten Leuchtstoffkombinationen in Form von mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen für das Sicherheitsmerkmal jeweils an einem Ort des Sicherheits- oder Wertdokuments auf- oder angebracht werden, und wobei
 - jedem der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente ein anderer Lumineszenzcode zugeordnet ist, und
 - jedes der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente bei der vorgegebenen Anregung mit dem ihm jeweils zugeordneten Lumineszenzcode identische Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem oder zumindest solche Farbkoordinaten aufweist, die innerhalb eines Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems, beispielsweise einer MacAdam-Ellipse, liegen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei der vorgegebenen Anregung farbidentisch sind oder als farbgleich wahrgenommen werden.
2. Codierungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den lumineszierenden Sicherheitselementen zugeordneten Lumineszenzcodes aus der unterschiedlichen spektralen Abfolge der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen gebildet werden.
3. Codierungssystem nach Anspruch 1 und/oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die den lumineszierenden Sicherheitselementen zugeordneten Lumineszenzcodes aus den Intensitätsverhältnissen der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen gebildet werden.
4. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein weiterer Leuchtstoff und damit weitere Leuchtstoffkombinationen zur Bildung von weiteren lumineszierenden Sicherheitselementen mit anderen Lumineszenzcodes vorgesehen ist.
5. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Farbkoordinaten der lumineszierenden Sicherheitselemente über Mischungsverhältnisse der verwendeten Leuchtstoffe für Leuchtstoffkombinationen eingestellt werden, wodurch sich definierte relative Intensitätsverhältnisse der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden für die Leuchtstoffkombination ergeben.
6. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Leuchtstoffe einen organischen Leuchtstoff aufweist.
7. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Leuchtstoffe einen anorganischen Leuchtstoff aufweist.
8. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl anorganische als auch organische Leuchtstoffe unterschiedlicher Korngröße, und beispielsweise auch nanoskalierte Leuchtstoffe oder Quantendots, sowie entsprechende Leuchtstoffkombinationen verwendet werden.
9. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leuchtstoffe durch gezielte Substitutionen im Leuchtstoffgitter modifiziert werden, so dass diese ein exklusives Emissionsspektrum aufweisen.

10. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen in einem oder mehreren ultravioletten Wellenlängenbereiche, nämlich bei Wellenlängen zwischen 380 nm und 315 nm (UV-A) und/oder bei Wellenlängen zwischen 315 nm und 280 nm (UV-B) und/oder bei Wellenlängen zwischen 280 nm und 200 nm (UV-C) anregbar sind.
11. Codierungssystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei mindestens zwei im ultravioletten Spektralbereich einstellbaren Anregungsbedingungen, also im UV-A- und/oder im UV-B- und/oder im UV-C-Spektralbereich, farbidentisch sind oder farbgleich wahrgenommen werden.
12. Codierungssystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei jeder der vorgegebenen Anregungen im UV-A-, UV-B- oder UV-C-Spektralbereich farbidentisch sind oder farbgleich wahrgenommen werden.
13. Codierungssystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei unterschiedlichen vorgegebenen Anregungen unterschiedliche Farbkoordinaten im CIE-Normfarbsystem oder zumindest solche Farbkoordinaten aufweisen, die innerhalb eines anderen Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems liegen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente zwar bei einer bestimmten vorgegebenen Anregungen farbidentisch oder farbgleich wahrgenommen werden, jedoch bei einem anderen vorgegebenen Anregungen eine andere Farbidentität oder Farbgleichheit aufweisen.
14. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen im Infraroten Wellenlängenbereich, nämlich bei Wellenlängen zwischen 950 nm und 980 nm anregbar sind.
15. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maxima der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen nur wenige Nanometer voneinander beabstandet sind.
16. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine weitere Information über die Art und Weise der Anordnung der Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals, beispielsweise über den Ort oder eine Form des Sicherheitselementes, beispielsweise in Form eines Symbols, Ziffer oder Piktogramms, dem Sicherheitselemente zugeordnet ist.
17. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Farbkoordinaten, der vom Codierungssystem umfassten Leuchtstoffe im CIE-Normfarbsystem im Wesentlichen auf einer Geraden liegen.
18. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen eine im Wesentlichen gleiche oder ähnliche Alterungsbeständigkeit aufweisen.
19. Sicherheitsmerkmal in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten, umfassend verschiedene im nicht-sichtbaren Spektralbereich anregbare und im sichtbaren Spektralbereich emittierende Leuchtstoffe und/oder aus ihnen erstellbare Leuchtstoffkombinationen, wobei die Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen bei einer vorgegebenen Anregung jeweils unterschiedliche Emissionsspektren im sichtbaren Spektralbereich aufweisen, so dass jeder der Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen durch mindestens eine individuell ausgezeichnete Emissionslinie und/oder Emissionsbande charakterisiert ist, die sich von den individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der anderen Leuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen unterscheidet, wobei
 - das Sicherheitsmerkmal mindestens drei Leuchtstoffe umfasst, wobei die mindestens drei Leuchtstoffe und/oder die aus diesen Leuchtstoffen erstellten Leuchtstoffkombinationen in Form von mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen für das Sicherheitsmerkmal jeweils an einem Ort des Sicherheits- oder Wertdokuments auf- oder angebracht sind, und wobei
 - jedem der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente ein anderer Lumineszenzcode zugeordnet

ist, und

- jedes der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente bei der vorgegebenen Anregung mit dem ihm jeweils zugeordneten Lumineszenzcode identische Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem oder zumindest solche Farbkoordinaten aufweist, die innerhalb eines Toleranzfarbbereiches des CIE-Normfarbsystems, beispielsweise einer MacAdam-Ellipse, liegen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei der vorgegebenen Anregung farbidentisch sind oder farbgleich wahrgenommen werden.

20. Sicherheits- oder Wertdokument, umfassend einen Dokumentenkörper, wobei der Dokumentenkörper, mindestens ein Sicherheitsmerkmal nach Anspruch 19 umfasst.

Claims

1. A coding system for forming a security feature in or on one or several security documents or documents of value, comprising different luminous substances, and/or combinations of luminous substances obtainable therefrom, which may be excited in the invisible spectral range and which emit in the visible spectral range, wherein, for a predefined excitation, said luminous substances and/or combinations of luminous substances will each yield different emission spectra in the visible spectral range, such that each of said luminous substances and/or combinations of luminous substances is **characterised by** at least one individually distinct emission line and/or emission band that differs from the individually distinct emission lines and/or emission bands of the other luminous substances and/or combinations of luminous substances, wherein
 - the coding system comprises at least three luminous substances, said at least three luminous substances, and/or combinations of luminous substances obtained from these luminous substances, each being applied or affixed onto a given location of the security document or document of value in the form of at least three luminescent security elements forming said security feature, and wherein
 - each of said at least three luminescent security elements has a different luminescence code associated therewith, and
 - when exposed to the predefined excitation using its respectively associated luminescence code, each of said at least three luminescent security elements has identical chromaticity coordinates in a CIE standard colorimetric system or has at least chromaticity coordinates lying within a range of chromaticity tolerances of said CIE standard colorimetric system, for example within a MacAdam ellipsis, such that, for a given excitation, the luminescent security elements of the security feature are identical in colour or are perceived as having the same colour.
2. The coding system as claimed in claim 1, **characterised in that** the luminescence codes associated with the luminescent security elements are formed from the different spectral sequence of the individually distinct emission lines and/or emission bands of the luminous substances and/or combinations of luminous substances.
3. The coding system as claimed in claim 1 and/or 2, **characterised in that** the luminescence codes associated with the luminescent security elements are formed from intensity ratios of the individually distinct emission lines and/or emission bands of the luminous substances and/or combinations of luminous substances.
4. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** at least one further luminous substance, and thus further available combinations of luminous substances, are provided for forming further luminescent security elements having other luminescence codes.
5. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the chromaticity coordinates of the luminescent security element are set via mixing ratios of the luminous substances used for forming combinations of luminous substances, thus yielding defined, relative intensity ratios of the individually distinct emission lines and/or emission bands for the combinations of luminous substances.
6. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** at least one of the luminous substances has an organic luminous substance.
7. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** at least one of the luminous substances has an inorganic luminous substance.

8. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** both inorganic and organic luminous substances of different grain size including, for example, nano-scaled luminous substances or quantum dots as well as corresponding combinations of such luminous substances are used.
- 5 9. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the luminous substances are modified by targeted substitutions in the luminous substance lattice, such that these will each have an exclusive emission spectrum.
- 10 10. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the luminous substances and/or combinations of luminous substances may be excited in one or more ultraviolet wavelength ranges, that is at wavelengths of between 380 nm and 315 nm (UV-A) and/or at wavelengths of between 315 nm and 280 nm (UV-B) and/or at wavelengths of between 280 nm and 200 nm (UV-C).
- 15 11. The coding system as claimed in claim 10, **characterised in that** under at least two excitation conditions which may be set in the ultraviolet spectral range, that is in the UV-A and/or the UV-B and/or the UV-C spectral range(s), the luminescent security elements of the security feature are identical in colour or are perceived as having the same colour.
- 20 12. The coding system as claimed in claim 10, **characterised in that** subjected to any of the predetermined excitations in the UV-A, UV-B or UV-C spectral range, the luminescent security elements of the security feature are identical in colour or are perceived as having the same colour.
- 25 13. The coding system as claimed in claim 10, **characterised in that** the luminescent security elements of the security feature, when subjected to different predetermined excitations, have different chromaticity coordinates within the CIE standard colorimetric system, or have at least chromaticity coordinates lying within a different range of chromaticity tolerances of said CIE standard colorimetric system, such that the luminescent security elements, while being perceived as identical in colour or as having the same colour when subjected to a given predetermined excitation, will have another colour identity or colour uniformity when subjected to a different predetermined excitation.
- 30 14. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the luminous substances and/or combinations of luminous substances may be excited in the infrared wavelength range, that is at wavelengths of between 950 nm and 980 nm.
- 35 15. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the maxima of the individually distinct emission lines and/or emission bands of the luminous substances and/or combinations of luminous substances are spaced apart from one another by no more than a few nanometers.
- 40 16. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the security element has a further information associated therewith concerning the manner in which the security elements of the security feature are arranged, for example concerning the location or the shape of the security elements, which may, for example, be in the form of a symbol, a numeral, or a pictogram.
- 45 17. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** all chromaticity coordinates of the luminous substances encompassed by the coding system are essentially located on a straight line in the CIE standard colorimetric system.
- 50 18. The coding system as claimed in at least one of the preceding claims, **characterised in that** the luminous substances and/or combinations of luminous substances have an essentially identical, or similar, ageing resistance.
- 55 19. A security feature in or on one or several security documents or documents of value, comprising different luminous substances, and/or combinations of luminous substances obtainable therefrom, which may be excited in the invisible spectral range and which emit in the visible spectral range, wherein, for a predefined excitation, said luminous substances and/or combinations of luminous substances will each yield different emission spectra in the visible spectral range, such that each of said luminous substances and/or combinations of luminous substances is **characterised by** at least one individually distinct emission line and/or emission band that differs from the individually distinct emission lines and/or emission bands of the other luminous substances and/or combinations of luminous substances, wherein

- the security feature comprises at least three luminous substances, said at least three luminous substances, and/or combinations of luminous substances obtained from these luminous substances, each being applied or affixed onto a given location of the security document or document of value in the form of at least three luminescent security elements forming said security feature, and wherein

- each of said at least three luminescent security elements has a different luminescence code associated therewith, and

- when exposed to the predefined excitation using its respectively associated luminescence code, each of said at least three luminescent security elements has identical chromaticity coordinates in a CIE standard colorimetric system or has at least chromaticity coordinates lying within a range of chromaticity tolerances of said CIE standard colorimetric system, for example within a MacAdam ellipsis, such that, for a given excitation, the luminescent security elements of the security feature are identical in colour or are perceived as having the same colour.

20. A security document or document of value comprising a document body, said document body comprising at least one security feature as claimed in claim 19.

Revendications

1. Système de codage destiné à former une caractéristique de sécurité dans ou sur un ou plusieurs documents de sécurité ou de valeur, comprenant différentes substances luminescentes pouvant être excitées dans le domaine spectral invisible et émettant dans le domaine spectral visible et/ou comprenant des combinaisons pouvant être obtenues à partir desdites substances luminescentes, les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes présentant, pour une excitation prédéfinie, respectivement des spectres d'émission différents dans le domaine spectral visible, de sorte que chacune des substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes est **caractérisée par** au moins une ligne d'émission et/ou bande d'émission se distinguant individuellement laquelle se différencie des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement qui caractérisent les autres substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes, dans lequel

- le système de codage comprend au moins trois substances luminescentes, lesdites au moins trois substances luminescentes et/ou les combinaisons de substances luminescentes obtenues à partir desdites substances luminescentes étant appliquées ou apposées respectivement à un endroit donné du document de sécurité ou de valeur sous forme d'au moins trois éléments de sécurité luminescents pour former la caractéristique de sécurité et

- à chacun desdits au moins trois éléments de sécurité luminescents est attribué un code luminescent différent, et
- chacun desdits au moins trois éléments de sécurité luminescents présente, lors de l'excitation prédéfinie avec le code luminescent qui lui est respectivement attribué, des coordonnées de chromaticité identiques dans un système colorimétrique normalisé CIE ou au moins des coordonnées de chromaticité qui se situent à l'intérieur d'une plage de tolérance chromatique du un système colorimétrique normalisé CIE, par exemple d'une ellipse de MacAdam, de sorte que les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité sont, lors de ladite excitation prédéfinie, de couleur identique ou sont perçus comme étant de même couleur.

2. Système de codage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les codes luminescents attribués aux éléments de sécurité luminescents sont formés respectivement à partir de la suite spectrale différente des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement qui caractérisent les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes.

3. Système de codage selon la revendication 1 et/ou 2, **caractérisé en ce que** les codes luminescents attribués aux éléments de sécurité luminescents sont formés à partir des rapports d'intensité des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement qui caractérisent les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes.

4. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu au moins une autre substance luminescente, et par conséquent d'autres combinaisons de substances luminescentes, pour former d'autres éléments de sécurité luminescents présentant d'autres codes luminescents.

5. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les

coordonnées de chromaticité des éléments de sécurité luminescents sont réglées au moyen de rapports de mélange des substances luminescentes utilisées pour former des combinaisons de substances luminescentes, ce qui permet d'obtenir pour une combinaison donnée de substances luminescentes des rapports d'intensité relatifs définis des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement.

- 5 6. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des substances luminescentes présente une substance luminescente organique.
- 10 7. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des substances luminescentes présente une substance luminescente inorganique.
- 15 8. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** sont utilisées des substances luminescentes tant inorganiques qu'organiques de tailles de grain différentes, et aussi par exemple des substances luminescentes à échelle nanométrique ou des points quantiques, ainsi que des combinaisons de substances luminescentes correspondantes.
- 20 9. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminescentes sont modifiées par substitutions ciblées dans le réseau de substance luminescente de sorte que celles-ci présentent un spectre d'émission exclusif.
- 25 10. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes peuvent être excitées dans une ou plusieurs gammes de longueurs d'onde de l'ultraviolet, à savoir à des longueurs d'onde comprises entre 380 nm et 315 nm (UV-A) et/ou à des longueurs d'onde comprises entre 315 nm et 280 nm (UV-B) et/ou à des longueurs d'onde comprises entre 280 nm et 200 nm (UV-C).
- 30 11. Système de codage selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité sont de couleur identique ou sont perçus comme étant de même couleur dans au moins deux conditions d'excitation réglables dans le domaine spectral de l'ultraviolet, à savoir dans le domaine spectral UV-A et/ou UV-B et/ou UV-C.
- 35 12. Système de codage selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité sont de couleur identique ou sont perçus comme étant de même couleur pour chacune des excitations prédéfinies dans le domaine spectral UV-A, UV-B ou UV-C.
- 40 13. Système de codage selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité présentent, pour des excitations prédéfinies différentes, des coordonnées de chromaticité différentes dans le système colorimétrique normalisé CIE ou au moins des coordonnées de chromaticité qui se situent à l'intérieur d'une autre plage de tolérance chromatique du système colorimétrique normalisé CIE, de sorte que les éléments de sécurité luminescents sont, pour une excitation prédéfinie donnée, perçus comme étant de couleur identique ou de même couleur mais présentent cependant, pour une autre excitation prédéfinie, une autre identité chromatique ou homogénéité chromatique.
- 45 14. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes peuvent être excitées dans une gamme de longueurs d'onde infra-rouge, à savoir dans à des longueurs d'onde comprises entre 950 nm et 980 nm.
- 50 15. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les maxima des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement qui caractérisent les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes ne sont espacés les uns des autres que de quelques nanomètres.
- 55 16. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une autre information concernant la manière dont sont disposés les éléments de sécurité de la caractéristique de sécurité, par exemple concernant l'emplacement de l'élément de sécurité ou une forme présentée par celui-ci, par exemple celle d'un symbole, d'un chiffre ou d'un pictogramme, est attribuée à l'élément de sécurité.
17. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

toutes les coordonnées de chromaticité des substances luminescentes comprises par le système de codage se situent essentiellement sur une droite dans le système colorimétrique normalisé CIE.

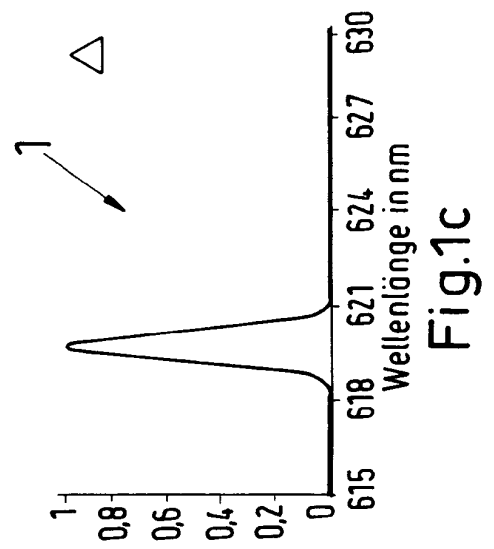
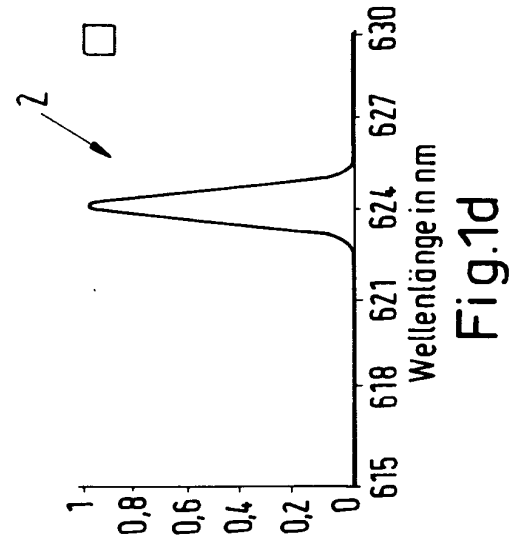
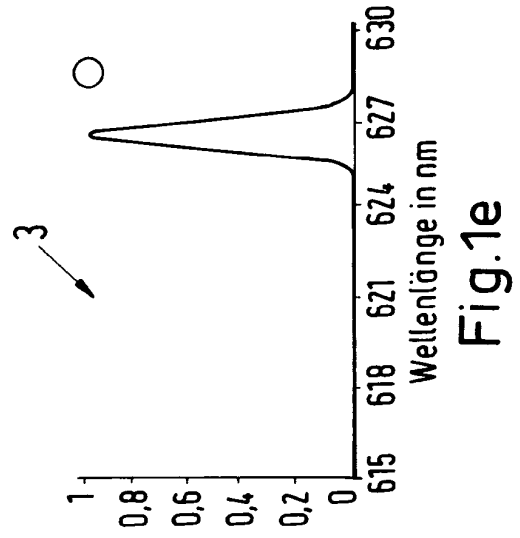
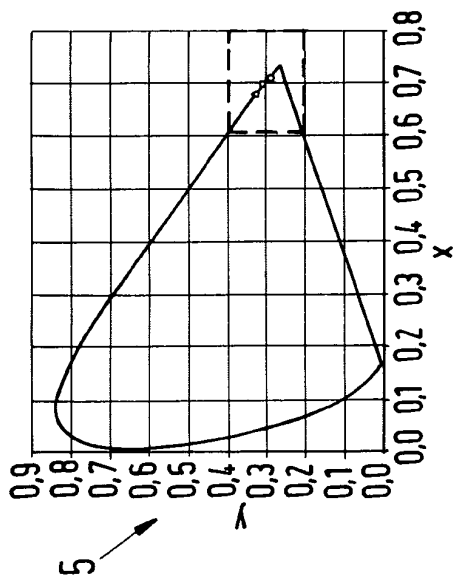
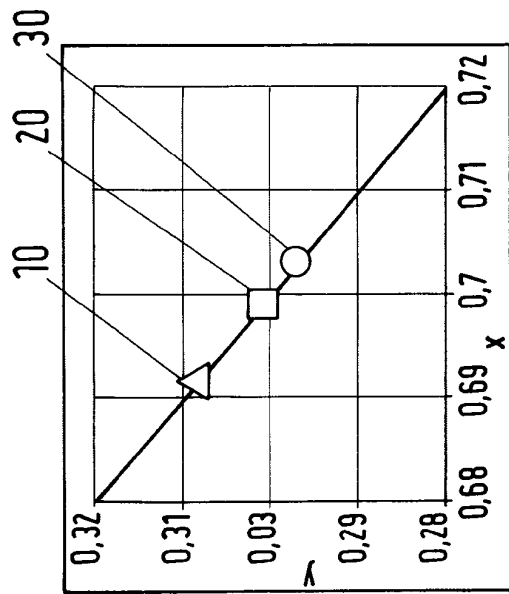
5 18. Système de codage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes présentent une tenue au vieillissement essentiellement identique ou similaire.

10 19. Caractéristique de sécurité dans ou sur un ou plusieurs documents de sécurité ou de valeur, comprenant différentes substances luminescentes pouvant être excitées dans le domaine spectral invisible et émettant dans le domaine spectral visible et/ou comprenant des combinaisons de substances luminescentes obtenues à partir desdites substances, les substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes présentant, pour une excitation prédéfinie, respectivement des spectres d'émission différents dans le domaine spectral visible, de sorte que chacune des substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes est **caractérisée par** au moins une ligne d'émission et/ou bande d'émission se distinguant individuellement laquelle se différencie des lignes d'émission et/ou bandes d'émission se distinguant individuellement qui caractérisent les autres substances luminescentes et/ou combinaisons de substances luminescentes, dans laquelle

20 - la caractéristique de sécurité comprend au moins trois substances luminescentes, lesdites au moins trois substances luminescentes et/ou les combinaisons de substances luminescentes obtenues à partir desdites substances luminescentes étant appliquées ou apposée respectivement à un endroit donné du document de sécurité ou de valeur sous forme d'au moins trois éléments de sécurité luminescents pour former la caractéristique de sécurité et

25 - à chacun desdits au moins trois éléments de sécurité luminescents est attribué un code luminescent différent, et
 - chacun desdits au moins trois éléments de sécurité luminescents présente, lors de l'excitation prédéfinie avec le code luminescent qui lui est respectivement attribué, des coordonnées de chromaticité identiques dans un système colorimétrique normalisé CIE ou au moins des coordonnées de chromaticité qui se situent à l'intérieur d'une plage de tolérance chromatique du système colorimétrique normalisé CIE, par exemple d'une ellipse de MacAdam, de telle sorte que les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité sont, lors
 30 de l'excitation prédéfinie, de couleur identique ou sont perçus comme étant de même couleur.

20. Document de sécurité ou de valeur comprenant un corps de document, dans lequel le corps de document comprend au moins une caractéristique de sécurité selon la revendication 19.



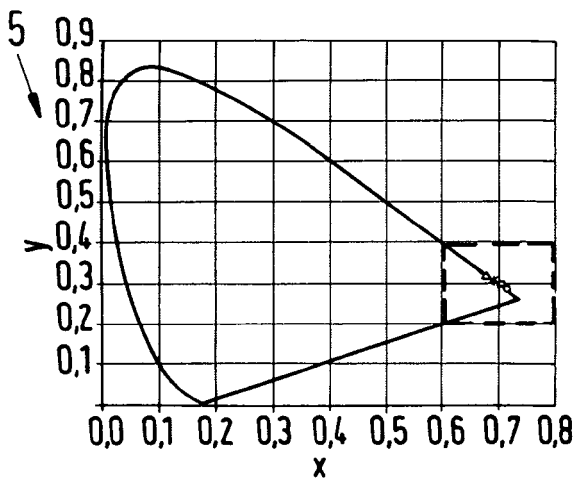


Fig. 2a

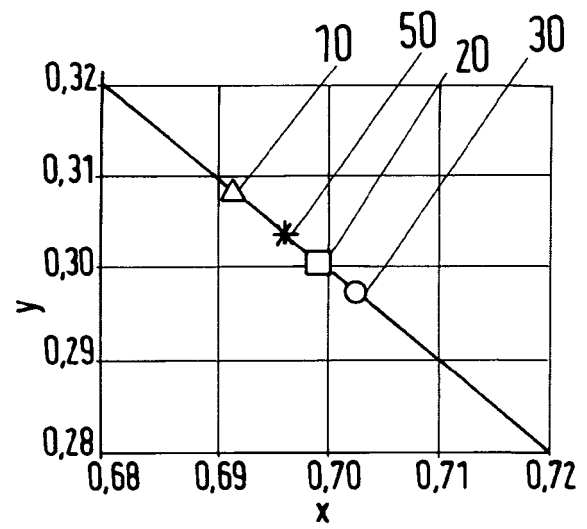


Fig. 2b

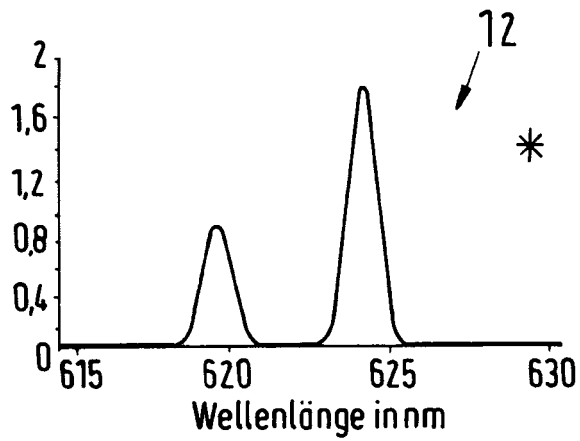


Fig. 2c

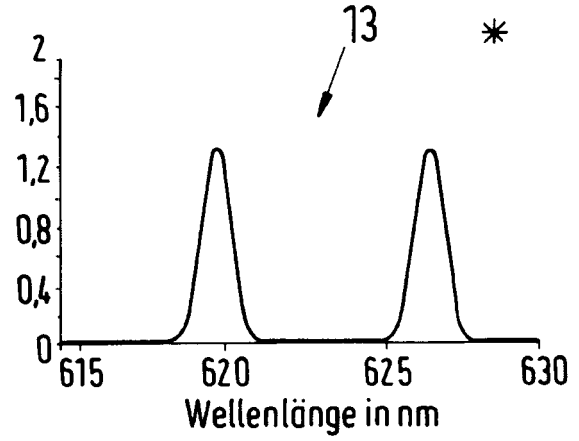


Fig. 2d

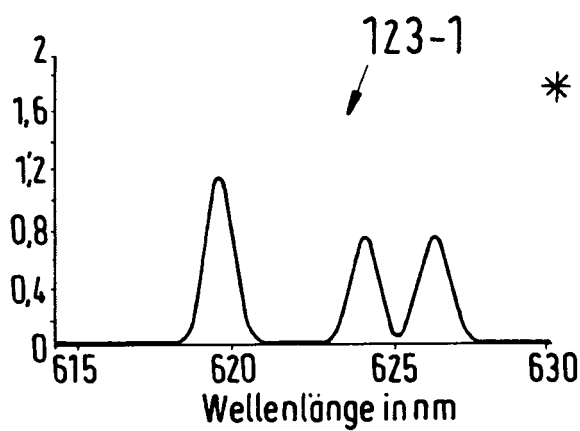


Fig. 2e

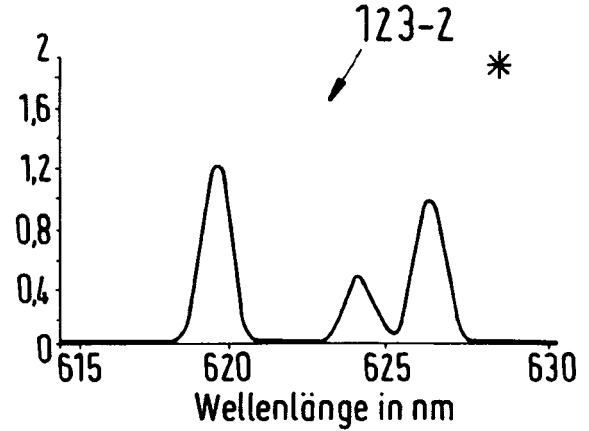


Fig. 2f

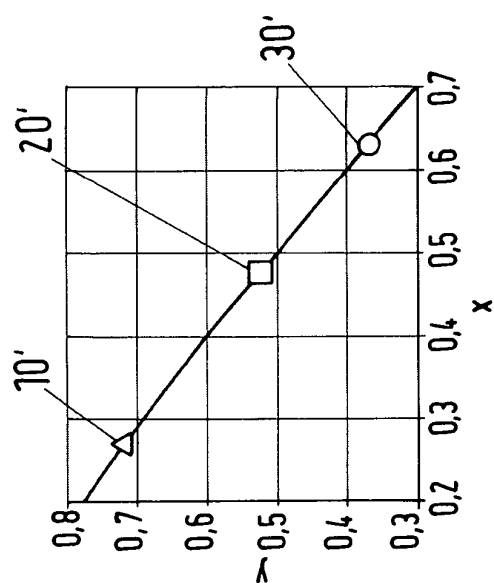


Fig. 3b

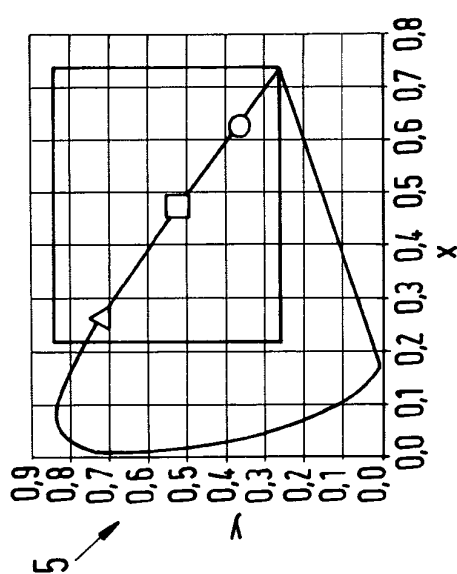


Fig. 3a

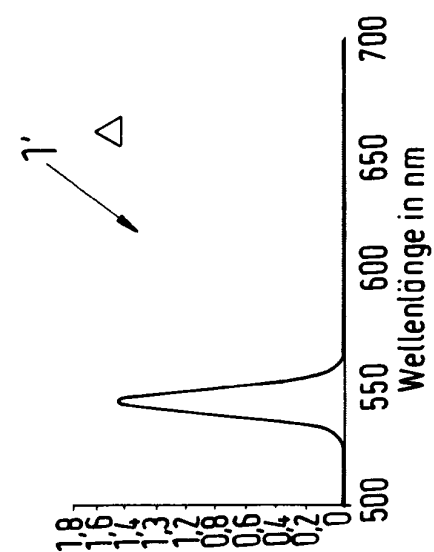


Fig. 3c

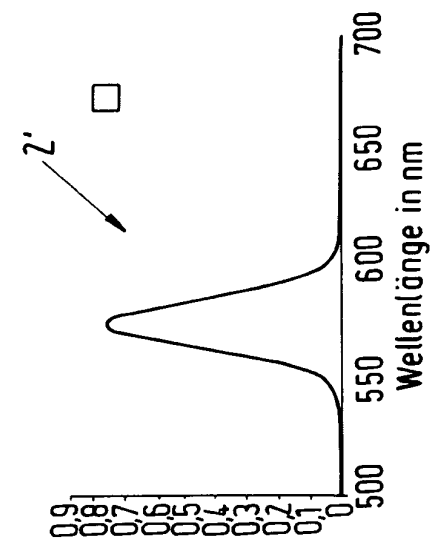


Fig. 3d

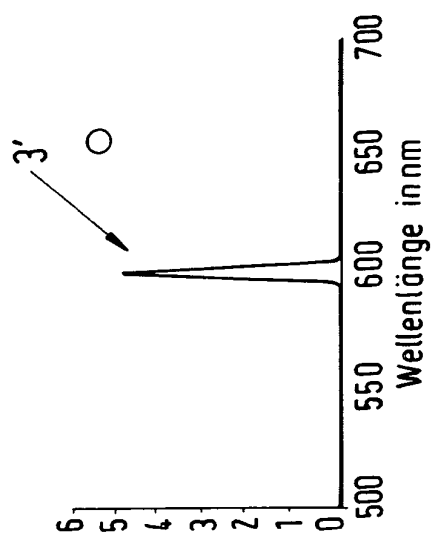


Fig. 3e

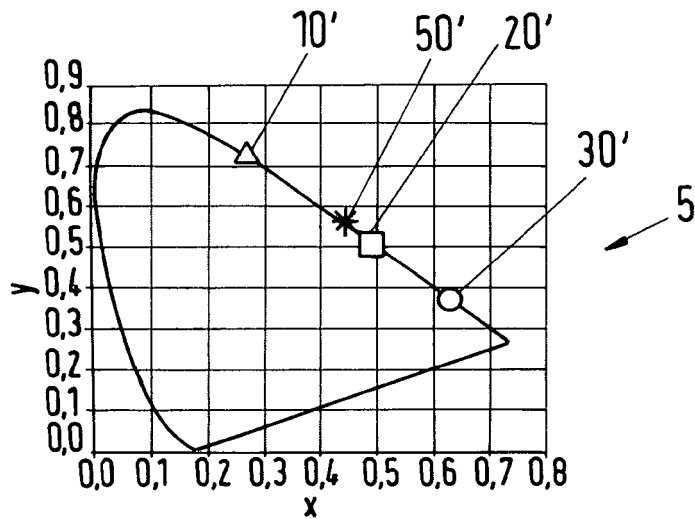


Fig.4a

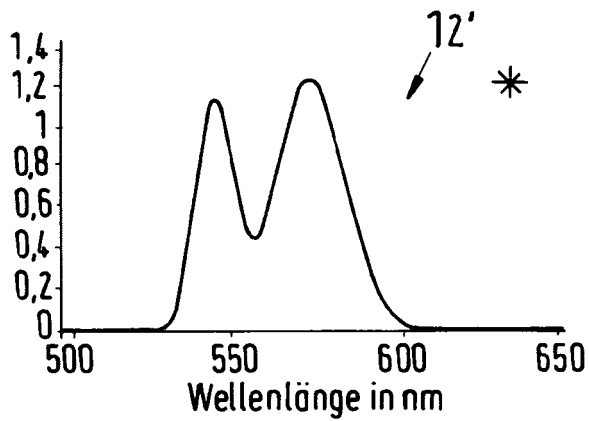


Fig.4b

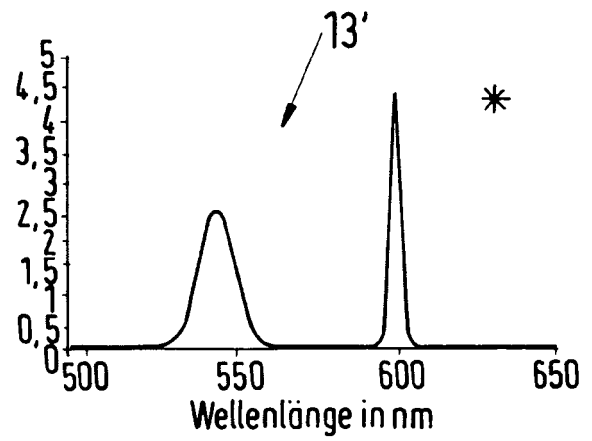


Fig.4c

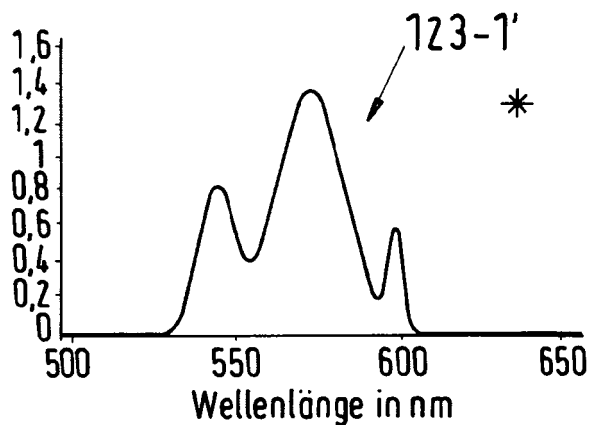


Fig.4d

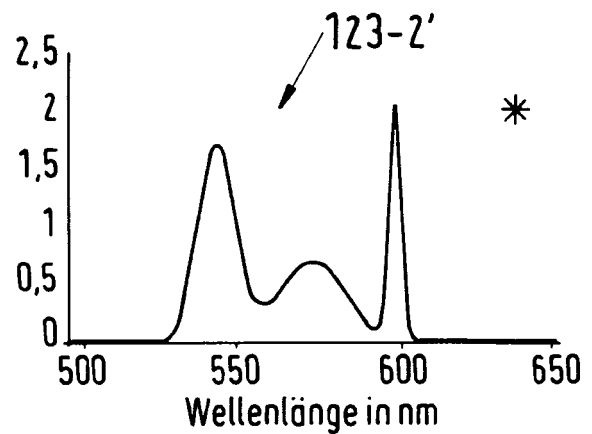
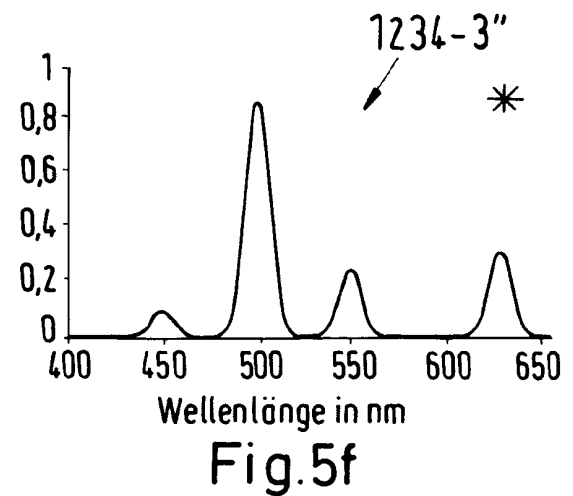
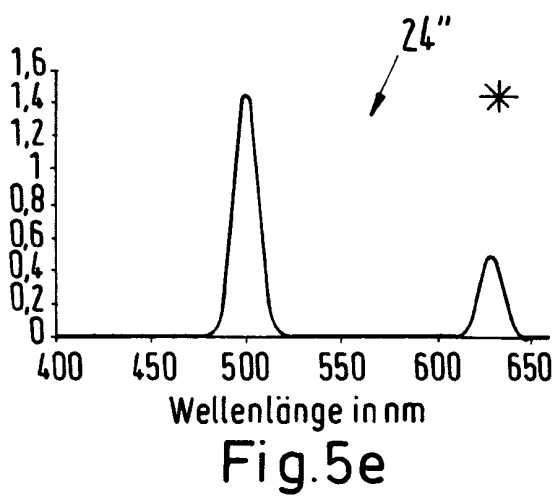
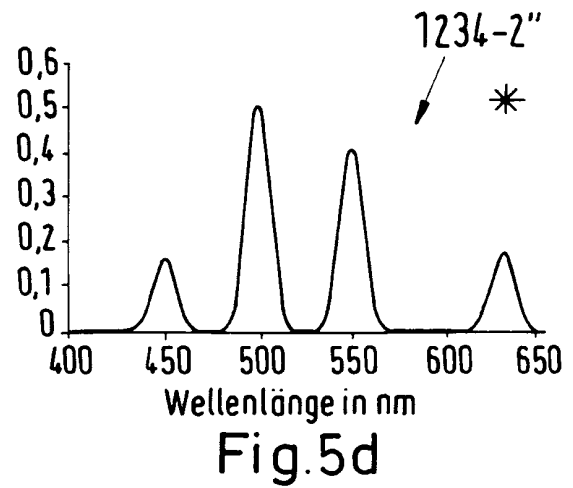
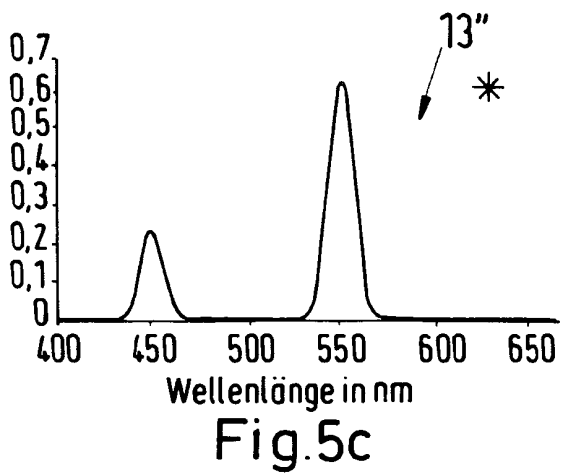
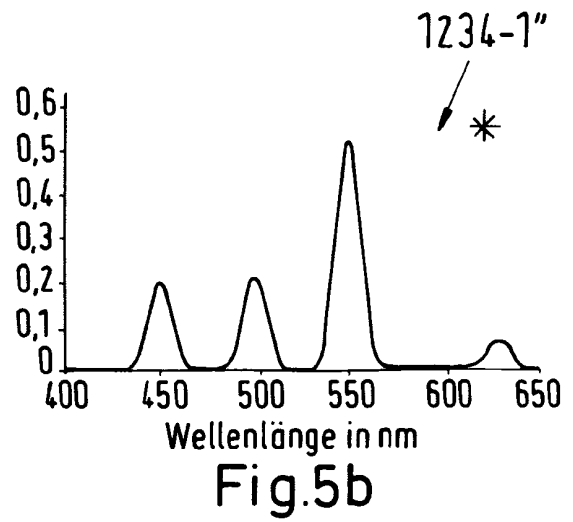
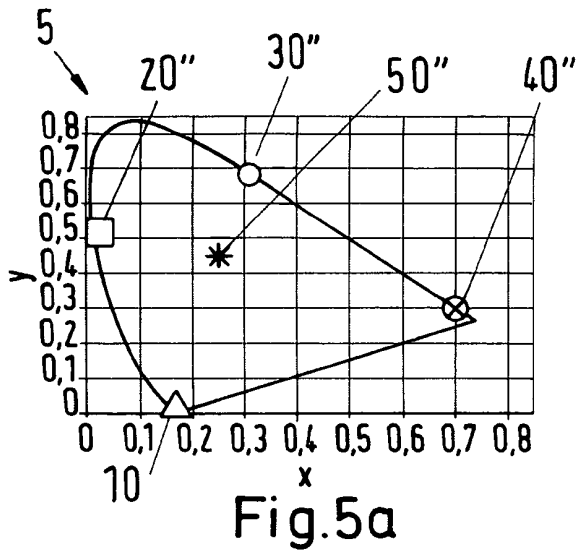


Fig.4e



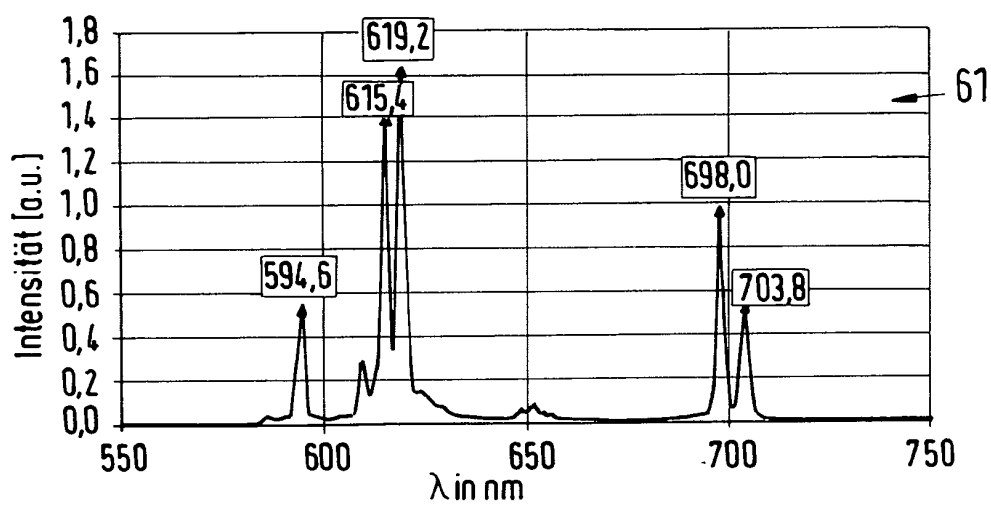


Fig.6a

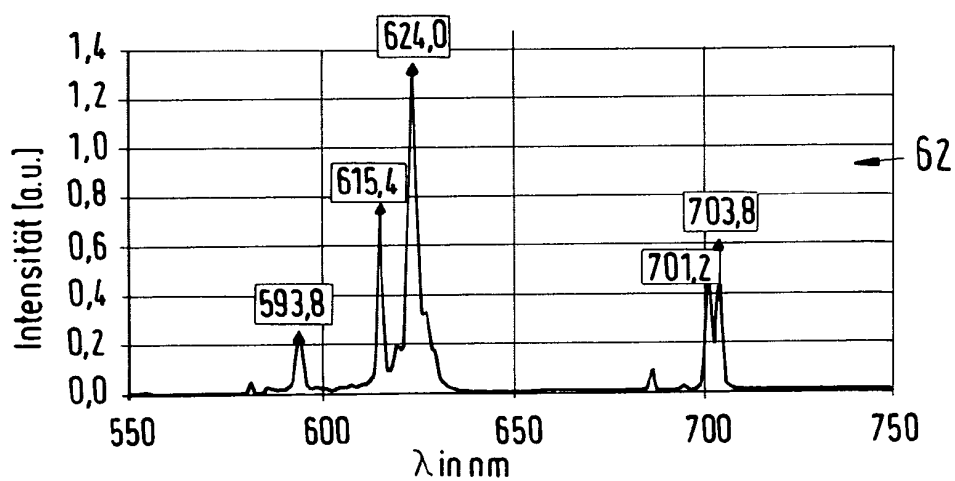


Fig.6b

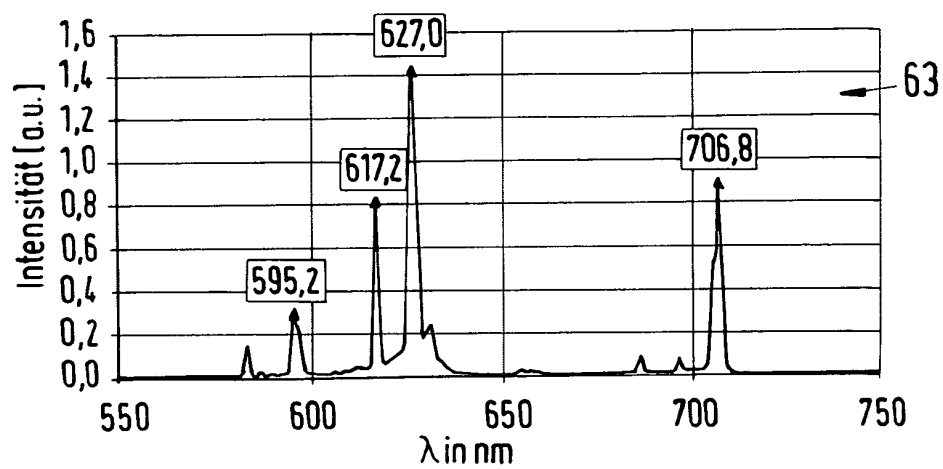


Fig.6c

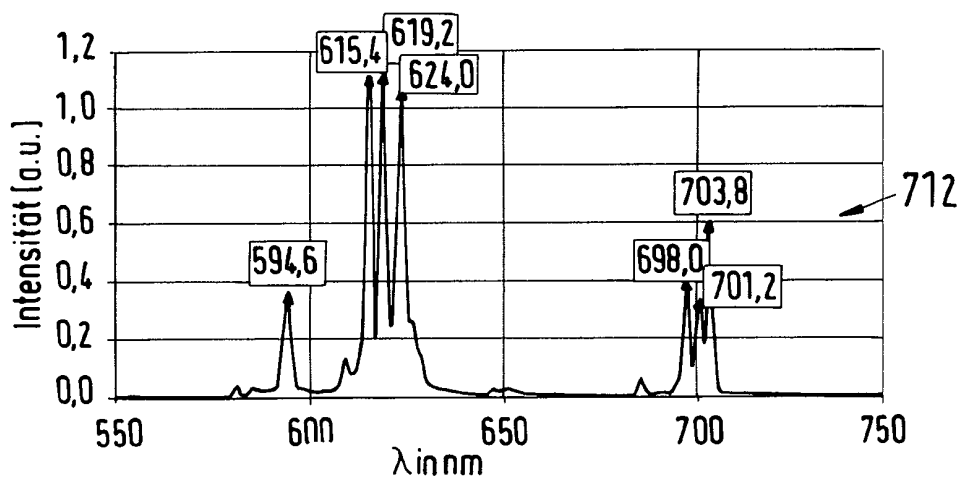


Fig.7a

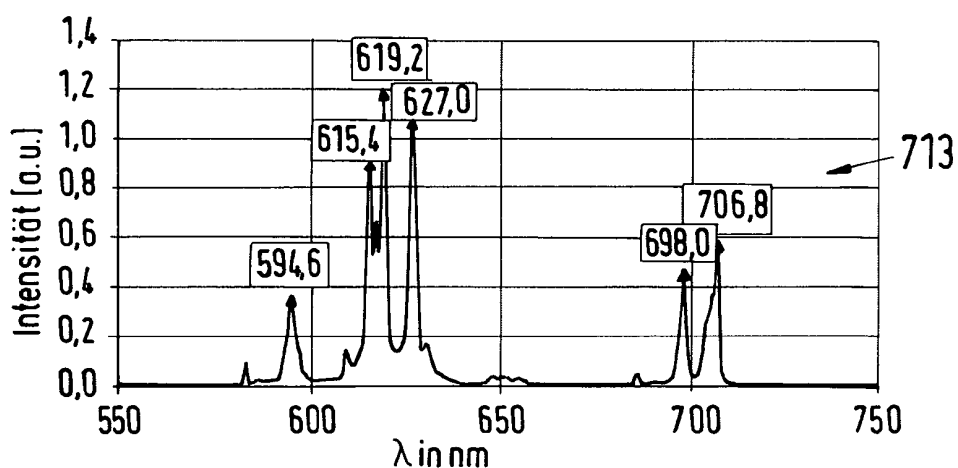


Fig.7b

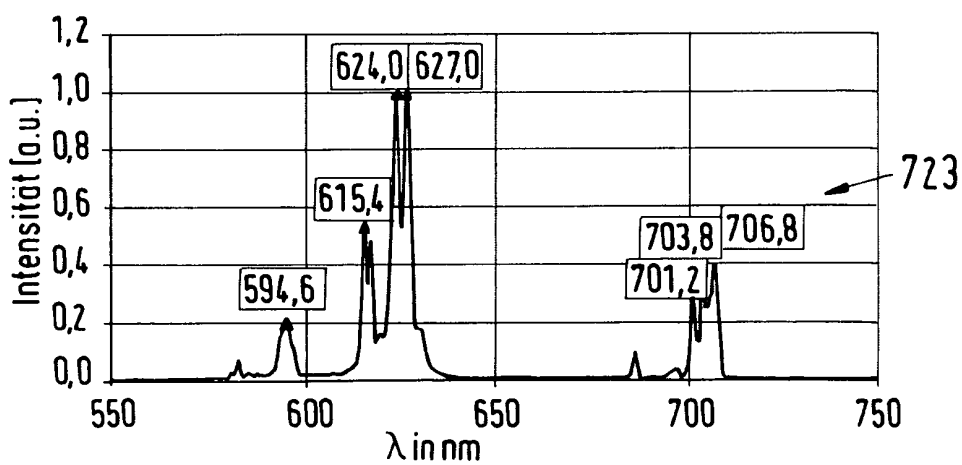
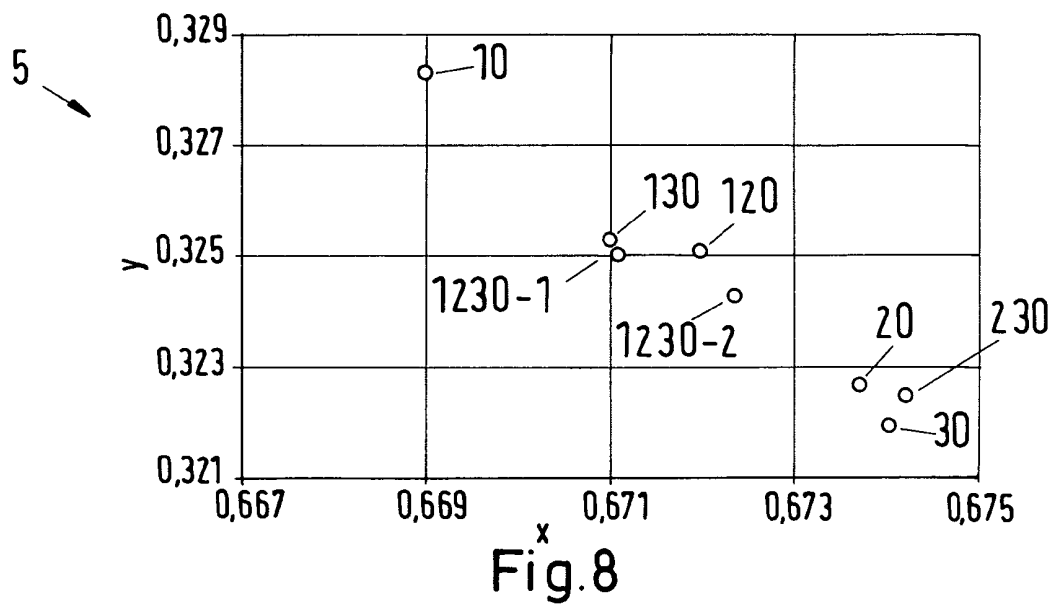
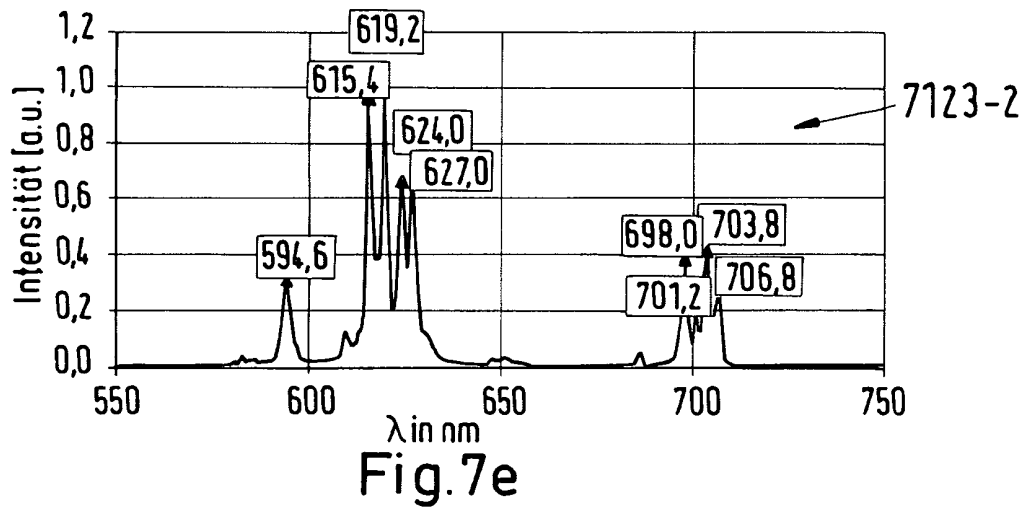
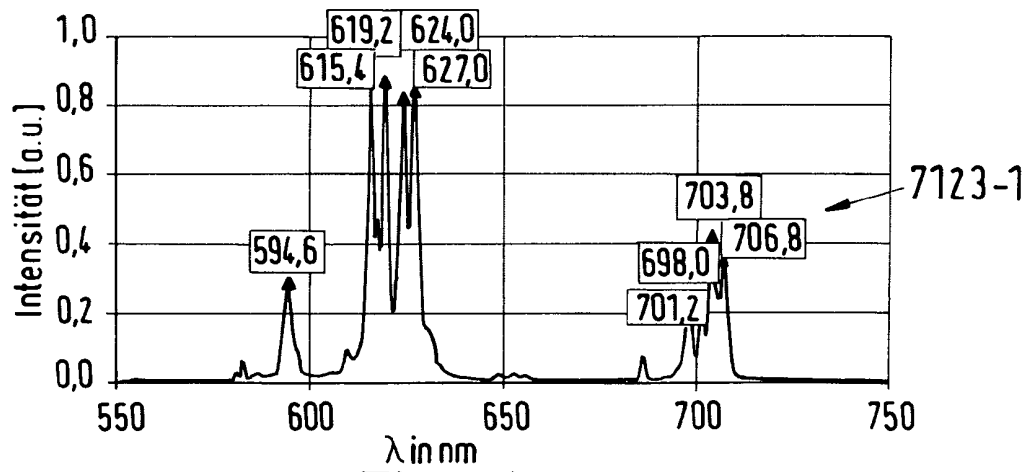
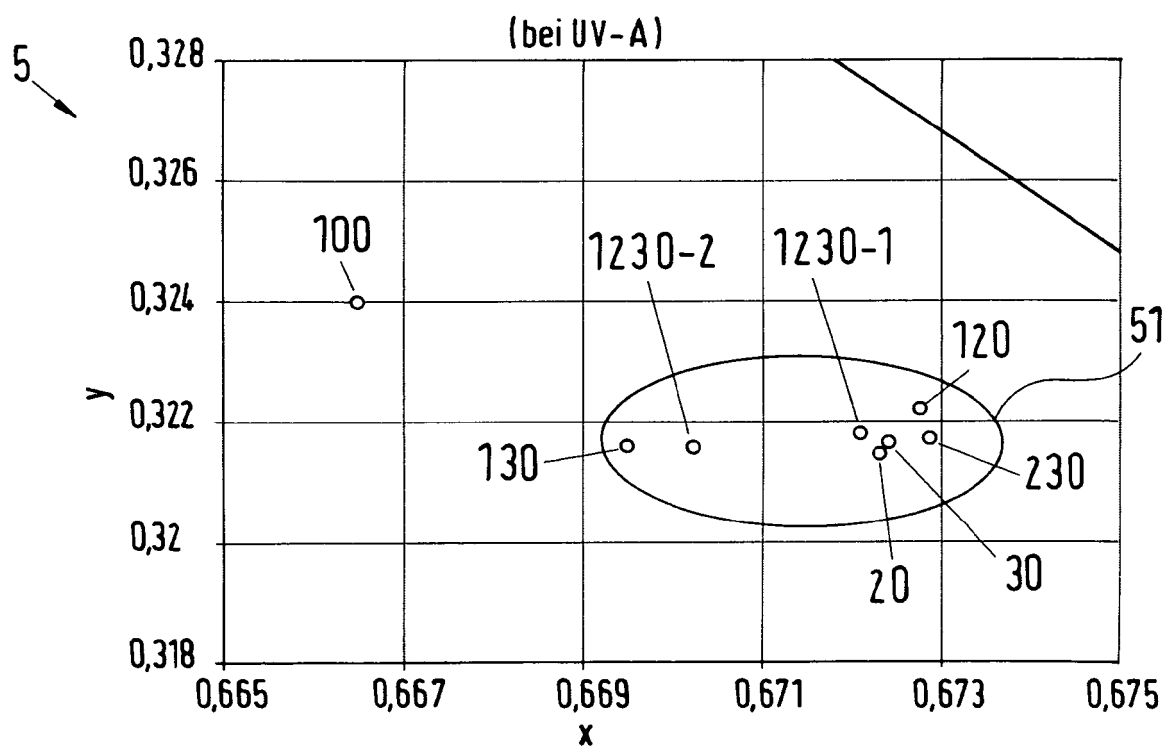
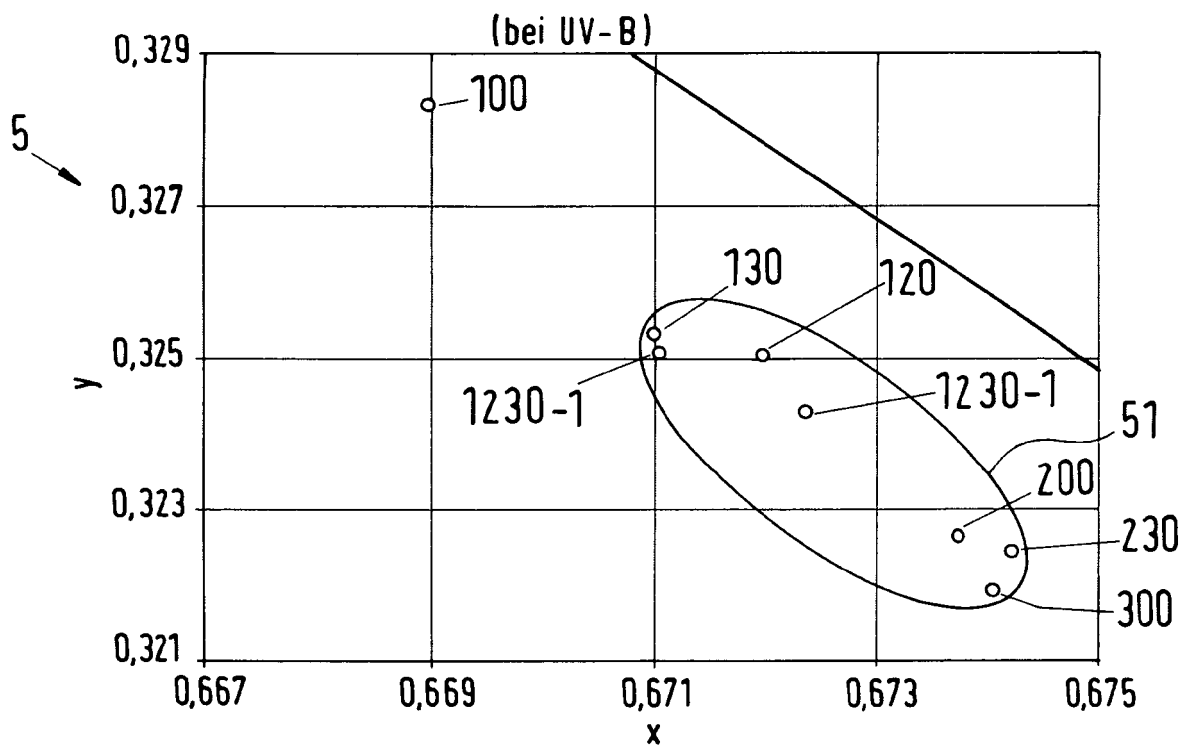


Fig.7c





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

- GB 1143362 A [0003]
- GB 1186251 A [0003]
- DE 10346685 A1 [0004]
- DE 60118472 T2 [0005]
- WO 2017080654 A1 [0006]
- US 2009141961 A1 [0007]
- EP 1647947 A1 [0008]
- US 2013221656 A1 [0009]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **BACKHAUS ; W. G. K. KLIEGL ; R. WERNER, J. S.** Color Vision. Perspectives from different Disciplines. *Psychophysics of Color Vision* [0028]
- **IRTEL, H.** *Methoden der Psychophysik* [0028]
- **ERDFELDER, E.** Handbuch quantitative Methoden. Physiologie Verlags Union, 1996, 479-489 [0028]