



(11)

EP 3 883 783 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.10.2024 Patentblatt 2024/44

(21) Anmeldenummer: **19752084.4**

(22) Anmeldetag: **23.07.2019**

(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 7/1205** (2016.01)
G07D 7/2033 (2016.01)

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2019/100673

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/103968 (28.05.2020 Gazette 2020/22)

(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 ONE SECURITY OR VALUABLE DOCUMENT OR A PLURALITY OF SECURITY OR VALUABLE DOCUMENTS

SYSTÈME DE CODAGE POUR FORMER UNE CARACTÉRISTIQUE DE SÉCURITÉ DANS OU SUR UN DOCUMENT DE SÉCURITÉ OU DE VALEUR OU D'UN 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: **21.11.2018 DE 102018129365**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.09.2021 Patentblatt 2021/39

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

(72) Erfinder:

- **STARICK, Detlef
17491 Greifswald (DE)**
- **PAESCHKE, Manfred
16348 Wandlitz (DE)**
- **HEISE, Roland
13187 Berlin (DE)**

- **HAUSSMANN, Guido
12203 Berlin (DE)**
- **MUTH, Oliver
12277 Berlin (DE)**
- **VANDAHL, Cornelia
98693 Ilmenau (DE)**
- **RÖSLER, Sylke
99817 Eisenach (DE)**
- **RÖSLER, Sven
99817 Eisenach (DE)**
- **KEMPFERT, Wolfgang
12555 Berlin (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2012-003854 **WO-A1-2017/080654**
DE-T2- 60 118 472 **US-A1- 2009 141 961**

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 oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Sicherheitsmerkmal, welches in Form von mehreren Sicherheitselementen ausgebildet ist sowie 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 schmalbandigen, 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] Das Dokument WO 2012/003854 A1 beschreibt ein Sicherheitsmerkmal, welches Lumineszenzpigmente verwendet, die aus einem mit einem Luminophor dotierten Wirtsgitter bestehen und die nach optischer Anregung ein charakteristisches Lumineszenzspektrum mit mehreren Lumineszenzpeaks aufweisen. Dabei werden die Intensitätsverhältnisse dieser Lumineszenzpeaks durch Festlegung der Stoffmengenanteils des Luminophors so eingestellt, dass die Lumineszenzspektren schwierig nachzuahmen sind.

[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 gleichen chemischen Stabilitäten besitzen sollen.

[0007] Aus dem Dokument US 2009/141961 A1 ist ein Verfahren zum Aufbringen und zur sicheren Authentifizierung der Emissionsspektren lumineszierender Sicherheitsmerkmale unter Zuhilfenahme multivariable 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.

Aufgabe der Erfindung

[0009] Sowohl im Bereich des Sicherheits- und Wertdrucks als auch im 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.

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] Insbesondere wäre 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.

[0013] Der Erfindung liegt das technische Problem zu Grunde, ein Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicher-

heitsmerkmals in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten und damit 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 möglichst hohe Fälschungssicherheit garantiert wird.

5 [0014] Die voranstehende Aufgabe wird erfundungsgemäß durch ein Codierungssystem gemäß Anspruch 1, ein Sicherheitsmerkmal gemäß Anspruch 14 und ein Sicherheits- oder Wertdokument gemäß Anspruch 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Definitionen

10 [0015] 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.).

15 [0016] Photolumineszenz bezeichnet hier diejenige Lumineszenzart, bei der die Anregung mit der Hilfe von UV-Strahlung erfolgt und die resultierende Lumineszenzstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (mit Wellenlängen von ca. 380 nm bis 780 nm) emittiert wird.

20 [0017] Anti-Stokes-Lumineszenz (Up-Conversion) ist ein Spezialfall der Lumineszenz, wobei nach mehrstufiger IR-induzierter Anregung ebenfalls eine Emission im sichtbaren Spektralbereich erfolgt.

25 [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 Leuchtstoffgrundgitter (Leuchtstoffmatrizen), als Strahlungszentren wirkende Aktivator- und gegebenenfalls zusätzlich Coaktivatorionen eingebaut. Häufig liegen diese Leuchtstoffe als Festkörper, insbesondere in Form von Lumineszenzpigmenten, vor.

30 [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.

35 [0020] Bei verschiedenen technischen Anwendungen von Leuchtstoffen (beispielsweise für die Herstellung von Leuchtstofflampen oder weiß emittierenden LED) hat es sich als vorteilhaft gezeigt, dass die für die Realisierung der jeweiligen Fragestellung erforderlichen Emissionsspektren durch eine gezielte Kombination von Einzelleuchtstoffen eingestellt werden können, die auf der Mischung dieser Einzelleuchtstoffe beruht. In diesem Zusammenhang wird oft der Begriff "Leuchtstoffkombination" verwendet. Leuchtstoffkombination(en) umfasst dabei auch das Verständnis, dass die unter den jeweiligen Anregungsbedingungen auftretenden Wechselwirkungen zwischen den in die jeweilige "Leuchtstoffmischung" der verwendeten Einzelleuchtstoffen bei ihrer Kombination berücksichtigt werden. Die Begriffe Leuchtstoffkombination und Leuchtstoffmischung werden in der vorliegenden Anmeldung als im Wesentlichen gleichwertig verstanden.

40 [0021] 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/-banden und ggf. auch durch die Halbwertbreiten dieser Emissionen charakterisiert werden können.

45 [0022] 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 $\bar{z}(\lambda)$

50 [0023] Die Begriffe "CIE-Normvalenzsystem" und "CIE-Normfarbsystem" werden in der vorliegenden Erfindung äquivalent zueinander benutzt.

55 [0024] 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 menschlichen Auges können verschiedene Spektralverteilungen zu identischen Farbkoordinaten führen.

[0025] 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.

[0026] Farbempfindung und Farbwahrnehmung eines individuellen Beobachters können von denen des definierten Normalbeobachters abweichen.

[0027] Das Farbunterscheidungsvermögen kennzeichnet das Ausmaß der Wahrnehmung von Farbunterschieden

durch individuelle Betrachter. 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 aber auch unterschiedlichen Farbeindrücke 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 oder eben farbverschieden angesehen werden, können somit vorfestgelegt werden.

[0030] In entsprechender Weise werden die Begriffe "verschiedenfarbig" oder "andersfarbig" in der vorliegenden Erfindung so verstanden, dass die entsprechenden lumineszierenden Sicherheitsmerkmale solchermaßen unterschiedliche Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem aufweisen, dass sie bei individuellen Betrachtern unterscheidbare Farbeindrücke hervorrufen.

Grundidee der Erfindung

[0031] Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Codierungssystem gemäß dem unabhängigen Anspruch 1.

[0032] Das erfindungsgemäße Codierungssystem dient zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten, mit mindestens zwei Einzelleuchtstoffen, und mindestens drei, mit den mindestens zwei Einzelleuchtstoffen gebildeten, Leuchtstoffkombinationen, wobei die mindestens drei Leuchtstoffkombinationen in Form von mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen für das Sicherheitsmerkmal in oder an dem einen oder den mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten auf- oder angebracht sind, und die mindestens drei Leuchtstoffkombinationen, jeweils im nicht-sichtbaren Spektralbereich, insbesondere im ultravioletten oder infraroten Spektralbereich, anregbar sind und nach Anregung im sichtbaren Spektralbereich emittieren, wobei jede der mindestens drei Leuchtstoffkombinationen durch ein Emissionsspektrum mit mehreren individuellen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden charakterisiert ist, und wobei jede der mindestens drei Leuchtstoffkombinationen eine identische spektrale Abfolge der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden aufweist, wobei die Intensitätsverhältnisse der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden verschieden sind, jedem der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente ein einheitlicher spektraler Code zugeordnet, wobei der Code durch die spektrale Abfolge der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden gebildet wird, und wobei die mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei Anregung unterschiedliche Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem aufweisen, so dass sie unterschiedliche Farbeindrücke bei einem Betrachter hervorrufen.

[0033] Weitere Aspekte der Erfindung betreffen ein Sicherheitsmerkmal gemäß Anspruch 14 sowie ein Sicherheits- und/oder Wertdokument gemäß Anspruch 15.

[0034] Erfindungsgemäß wird die oben beschriebene Aufgabe dadurch gelöst, dass die zur Ausbildung der spektral identischen Codes herangezogenen, im ultravioletten Spektralbereich (insbesondere 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 Wellenlängen zwischen 950 bzw. 980 nm) anregbaren und im sichtbaren Bereich emittierenden Einzelleuchtstoffe durch Variation der Mischungsverhältnisse derart zu Leuchtstoffkombinationen zusammengestellt werden, dass die bei einer vorgegebenen optischen Anregung, beispielsweise mit einer bestimmten UV-Strahlungsquelle, hervorgerufenen Farbeindrücke der verschiedenen Leuchtstoffkombinationen, bzw. der korrespondierenden Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals vom menschlichen Auge als verschiedenfarbig wahrgenommen werden.

[0035] 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 farblich unterschiedlich und unterscheidbar wahrnimmt und sie damit mutmaßlich auch für spektral verschieden hält, obwohl diese tatsächlich bezüglich der spektralen Abfolge der individuellen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden identische Lumineszenzcodes und Emissionsspektren aufweisen, die nur mit Hilfe einer speziellen Lumineszenz-Messtechnik verifiziert werden können.

[0036] Die bezüglich ihrer Lumineszenz als verschiedenfarbig wahrgenommenen Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals können in unterschiedlichen Sicherheits- oder Wertdokumenten (beispielsweise Banknoten, Ausweise,

Reisepässe, Führerscheine etc.) oder auch im Produktschutz eingesetzt werden. Verschiedenfarbig erscheinende, aber identische spektrale Codes aufweisende Markierungen können beispielsweise zum Zwecke der Nominalwertcodierung von unterschiedlichen Währungs-Denominationen eingesetzt werden. Andererseits ist es auch möglich, die als verschiedenfarbig wahrgenommenen Markierungen als Sicherheitsmerkmale mehrmals in gleiche, gleichartige oder unterschiedliche Designs ein und desselben Sicherheits- oder Wertdokumentes zu integrieren.

[0037] Auf der Grundlage von Modellrechnungen und durch praktische Versuche konnte nachgewiesen werden, dass zur Realisierung der verschiedenfarbig lumineszierenden Leuchtstoffkombinationen und der entsprechenden Sicherheitselemente mit identischen spektralen Codes sowohl linienförmig als auch bandenförmig im sichtbaren Spektralbereich emittierende Einzelleuchtstoffe eingesetzt werden können. Die konkrete Auswahl und die Anzahl der für die Bereitstellung der Leuchtstoffkombinationen eingesetzten Einzelleuchtstoffe mit exklusiver schmal- und/oder breitbandiger Emission hängt dabei von den gewünschten unterschiedlichen Farbeindrücken, gleichzeitig aber auch vom jeweiligen Sicherheitsanspruch und vom zugelassenen Aufwand für die Detektion der emittierten Lumineszenz und die Verifikation der spektral identischen Lumineszenzcodes ab.

[0038] Weiterhin hat sich gezeigt, dass verschiedenfarbig lumineszierende Sicherheitselemente mit spektral identischen Lumineszenzcodes sowohl durch die Kombination von Einzelleuchtstoffen mit eng beieinander aber auch mit weiter auseinanderliegenden Emissionslinien und/oder Emissionsbanden erzeugt werden können. Der spektrale Abstand der einzelnen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden ist vor allem für den Aufwand zur sicheren spektrometrischen Verifikation der spektral identischen Lumineszenzcodes entscheidend, während die angestrebten unterschiedlichen Farbeindrücke der emittierten Lumineszenz der einzelnen Sicherheitselemente über die Mischungsverhältnisse der zur Bereitstellung der Leuchtstoffkombinationen ausgewählten Einzelleuchtstoffe und die daraus resultierenden unterschiedlichen Intensitätsverhältnisse der charakteristischen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden eingestellt werden.

[0039] Weitere Kriterien für die Auswahl der Einzelleuchtstoffe für das Codierungssystem sind beispielsweise eine möglichst hohe Lumineszenzausbeute, eine genügend hohe Stabilität und Alterungsbeständigkeit gegenüber Umwelt-einflüssen, 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 Gebrauchsduer des Sicherheits- oder Wertdokuments von großer Wichtigkeit.

[0040] 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 die Sicherheitselemente bildenden Leuchtstoffkombinationen bestimmten Kunststoffen zuzumischen, wobei die Kunststoffe anschließend in das Sicherheits- oder Wertdokument eingebracht werden.

[0041] Zur Realisierung verschiedenfarbig emittierender Sicherheitselemente mit identischen spektralen Lumineszenzcodes, stehen sowohl für die Anregung mit UV-Strahlung als auch für die IR-Anregung zahlreiche Einzelleuchtstoffe zur Verfügung. Diese lassen sich so zu erfindungsgemäßen Leuchtstoffkombinationen zusammenführen, dass hochkomplexe Emissionsspektren resultieren. Die aus diesen Spektren ableitbaren, für alle Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals identischen spektralen Lumineszenzcodes besitzen ein Level-3-Sicherheitsniveau und können nur mit der Hilfe einer leistungsfähigen und gegebenenfalls sehr aufwendigen Lumineszenzmesstechnik und mit dem Spezial- oder Geheimwissen darüber, welche der vielfältigen und verschiedenen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden zur Auswertung herangezogen werden.

[0042] Als Grundgitter (Matrix) für die zur Herstellung der erfindungsgemäßen Sicherheitselemente verwendeten UV-anregbaren anorganischen Leuchtstoffe können beispielsweise die im Folgenden ausgeführten Materialien eingesetzt werden: Borate (z.B. LaBOs, Sr₆O₁₀, CaYBO₄, Sr₄B₇O₁₂, YAl₃B₄O₁₂, SrB₈O₁₃, Ca₂B₅O₉Br), Nitride (z.B. CaAlSiN₃, Sr₂Si₅N₈, MgSiN₂, GaN), Oxynitride (z.B. SrSi₂N₂O₂, α -SiAlON, β -SiAlON, Oxide (z.B. Al₂O₃, CaO, Sc₂O₃, TiO₂, ZnO, Y₂O₃, ZrO₂, La₂O₃, Gd₂O₃, Lu₂O₃), Halogenide und Oxyhalogenide (z.B. CaF₂, CaCl₂, K₂SiF₆, LaOBr), Aluminat (z.B. LiAlO₃, SrAl₂O₄, Y₃Al₅O₁₂, BaMgAl₁₁O₁₇, CaAl₂O₄, Sr₄Al₁₄O₂₅), Silikate (z.B. Ba₂SiO₄, Sr₃SiO₅, Sr₃MgSi₂O₈, Sr₂MgSi₂O₇, CaSiOs, Zn₂SiO₄, Ba₂SiO₄, Y₂SiO₅, CaMgSi₂O₆, Ba₂Li₂Si₂O₇, LiCeBa₄Si₄O₁₄, Ca₃Al₂Si₃O₁₂), Halosilikate (z.B. LaSiO₃Cl, Ba₅SiO₄Cl₆, Sr₅Si₄O₁₀Cl₆), Phosphate (z.B. YPO₄, Ca₂P₂O₇, MgBaP₂O₇, Ca₃(PO₄)₂, MgBa₂(PO₄)₂), Halophosphate (z.B. Ca₅(PO₄)₃Cl, Sr₅(PO₄)₃Cl), Sulfide (z.B. ZnS, CaS, SrS, BaS, SrGa₂S₄, ZnGa₂S₄, ZnBa₂S₃), Oxsulfide (z.B. Y₂O₂S, La₂O₂S, Gd₂O₂S, Lu₂O₂S), Sulfate (z.B. Mg₂Ca(SO₄)₃), Gallate (z.B. Y₃Ga₅O₁₂, CaGa₂O₄, Gd₃Ga₅O₁₂), Vanadate (z.B. YVO₄), Molybdate und Wolframate (z.B. CaMoO₄, Sr₃WO₆, La₂W₃O₁₂, Tb₂Mo₃O₁₂, Li₃Ba₂La₃(MoO₄)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.

[0043] 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 Seltenerden 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.

[0044] 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), Oxsulfide (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 , BaYFs) zur Verfügung. Zur Absicherung einer genügend hohen Lumineszenzausbeute werden als Strahlungszentren in den Anti-Stokes-Leuchtstoffen zumeist die Seltenerdionenkombinationen Yb^{3+} - Er^{3+} , Yb^{3+} - Tm^{3+} und Yb^{3+} - Ho^{3+} verwendet. Daneben sind aber auch weitere Leuchtstoffe wie beispielsweise die Materialien SrF_2 : Er^{3+} , YF_3 : Yb^{3+} , Tb^{3+} oder CaF_2 : Eu^{2+} bekannt, die ebenfalls als IR-VIS-Strahlungswandler genutzt werden können.

[0045] Neben den anorganischen Lumineszenzpigmenten können im Sinne der Erfindung natürlich auch im UV- bzw. IR-Spektralbereich anregbare und im Sichtbaren emittierende organische Einzelleuchtstoffe, wie beispielsweise unterschiedliche, seltenerdaktivierte organische Komplexverbindungen zur Herstellung verschiedenfarbig emittierender Leuchtstoffkombinationen mit spektral identischen Lumineszenzcodes verwendet werden. Diese können gegebenenfalls mit ausgewählten anorganischen Lumineszenzpigmenten kombiniert werden.

[0046] Darüber hinaus sind in Abhängigkeit von der konkreten Anwendung, vom angestrebten Design des Sicherheitsmerkmals und von der vorgesehenen Technologie für die Herstellung der Sicherheitselemente auch photolumineszierende anorganische oder organische nanoskalrierte Leuchtstoffe oder entsprechend konfigurierte Quantendots als Komponenten für die Bereitstellung der erforderlichen Leuchtstoffkombinationen geeignet.

[0047] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden die für den jeweiligen Anwendungsfall des Codierungssystems ausgewählten Einzelleuchtstoffe 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.

[0048] Das erfindungsgemäße Codierungssystem bietet eine Vielfalt von Ausführungsformen für unterschiedliche Sicherheitsniveaus und Anwendungsmöglichkeiten. Es können verschiedenfarbig emittierende Markierungen mit einheitlichen spektralen Lumineszenzcodes 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.

45 **Besondere Ausführungsformen**

[0049] Im Folgenden werden besondere Ausführungsformen der Erfindung weiter im Detail beschrieben.

[0050] Eine bevorzugte Ausgestaltungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem mindestens ein weiterer Einzelleuchtstoff zur Bildung weiterer Leuchtstoffkombinationen und Ausbildung weiterer lumineszierender Sicherheitselemente mit gleichem Code vorgesehen ist.

[0051] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem die Farbkoordinaten der lumineszierenden Sicherheitselemente über ein Mischungsverhältnis der Einzelleuchtstoffe für die Leuchtstoffkombinationen eingestellt werden.

[0052] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem mindestens einer der Einzelleuchtstoffe einen organischen Leuchtstoff, insbesondere eine seltenerdaktivierte organische Komplexverbindung, aufweist.

[0053] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem mindestens einer der Einzelleuchtstoffe einen anorganischen Leuchtstoff aufweist.

[0054] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem sowohl anorganische als auch organische Einzelleuchtstoffe unterschiedlicher Korngröße, insbesondere nanoskalierte Leuchtstoffe und/oder Quantendots, sowie entsprechende Leuchtstoffkombinationen verwendet werden.

5 [0055] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem die Einzelleuchtstoffe durch gezielte Substitutionen im Leuchtstoffgitter modifiziert werden, so dass diese ein exklusives Emissionspektrum aufweisen.

10 [0056] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem die Einzelleuchtstoffe und/oder Leuchtstoffmischungen 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.

15 [0057] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Codierungssystem, bei welchem 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, als verschiedenfarbig, insbesondere als gleichermaßen verschiedenfarbig, wahrgenommen werden.

20 [0058] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, bei welchem die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei jeder der vorgegebenen Anregungen im UV-A-, UV-B- oder UV-C-Spektralbereich unterschiedliche Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem aufweisen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente unterschiedliche Farbeindrücke, insbesondere gleichermaßen unterschiedliche Farbeindrücke, bei dem Betrachter hervorrufen

25 [0059] Eine weitere mögliche Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, bei welchem die Einzelleuchtstoffe und/oder Leuchtstoffmischungen im Infraroten Wellenlängenbereich, nämlich bei Wellenlängen zwischen 950 nm und 980 nm anregbar sind.

30 [0060] Eine weitere mögliche Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, bei welchem die Maxima der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Einzelleuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen nur wenige Nanometer voneinander beabstandet sind, insbesondere einen Abstand von weniger als 10 nm, besonders bevorzugt von weniger als 5 nm, noch mehr besonders von weniger als 3 nm aufweisen.

35 [0061] Eine weitere mögliche Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Codierungssystem, bei welchem die Einzelleuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen eine im Wesentlichen gleiche oder ähnliche Alterungsbeständigkeit aufweisen.

40 [0062] Im Weiteren werden weitere vorteilhafte und besonderes bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung weiter im Detail beschrieben.

[0063] Durch das Einbeziehen weiterer, vorzugsweise exklusiv modifizierter Einzelleuchtstoffe in die Bereitstellung der verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen können die Möglichkeiten für die Generierung fälschungssicherer Lumineszenzcodes weiter erhöht werden. Darüber hinaus ist beachten, dass die in der Praxis zur Anwendung gelangenden Einzelleuchtstoffe, beispielweise modifizierte seltenerdaktivierte Luminophore, bereits als Einzelkomponenten zumeist mehrere Emissionslinien und/oder Emissionsbanden und damit häufig komplexe Emissionsspektren aufweisen. Auch dadurch steigt die Anzahl der möglichen Code-Zuweisungen auf dem hohen Level-3-Sicherheitsniveau.

45 [0064] Ein weiterer möglicher Gedanke der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals eines Codierungssystems für die Anwendung in Sicherheits- oder Wertdokumenten sowie im Produktschutz.

50 [0065] Dabei müssen in einem ersten Schritt Entscheidungen über die Anregungsbedingungen für das erfinderische Lumineszenzmerkmal, über die gewünschten unterschiedlichen Farbeindrücke der verschiedenfarbig emittierenden Sicherheitselemente sowie über das Ausmaß der Komplexität der für alle Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals gleichermaßen identischen spektralen Lumineszenzcodes 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 Designvorgaben für das Merkmal.

55 [0066] Ein weiterer Schritt betrifft die Auswahl der für die Herstellung der benötigten Sicherheitselemente erforderlichen Einzelleuchtstoffe. Die Auswahl kann auf der Grundlage der gemessenen Emissionsspektren der zu bewerteten Leuchtstoffe mit vorzugsweise exklusiver Emissionscharakteristik erfolgen. Die Kenntnis der Emissionsspektren befördert die erforderlichen Entscheidungen über die vorzunehmende Codezuweisung. Gleichzeitig geben die aus den Emissionsspektren berechenbaren CIE-Farbkoordinaten der Einzelleuchtstoffe Auskunft darüber, welche Mischungsverhältnisse zur Anwendung gebracht werden müssen, um den gewünschten unterschiedlichen Farbeindruck oder Farbeindrücke der verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen realisieren zu können.

60 [0067] Der nachfolgende Schritt ist auf die gegebenenfalls erforderliche experimentelle Überprüfung und das Festlegen der Mischungsverhältnisse der für die Erstellung der verschiedenfarbig emittierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals gerichtet. In aller Regel sind nur wenige praktische Versuche erforderlich, um auf der Grundlage der durchgeführten farbmetrischen Berechnungen die unter Applikationsbedingungen gültigen Mischungsverhältnisse für die Bereitstellung der Leuchtstoffkombination zu ermitteln. Die experimentelle Überprüfung ist aber erforderlich, um

Wechselwirkungen zwischen den verwendeten Einzelleuchtstoffen 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 Farbkompositionen sowie den optischen Effekten der verwendeten Trägermaterialien beruhen, berücksichtigen zu können.

[0068] In einem weiteren Schritt erfolgt das Auf- oder Einbringen der bereitgestellten verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen auf oder in die Trägermaterialien der jeweiligen Sicherheits- oder Wertdokumente. Dieser Prozessschritt kann beispielweise mit Hilfe der üblichen Druckverfahren (Tiefdruck-, Flexodruck-, Offsetdruck- oder Siebdruckverfahren etc.) oder aber unter Verwendung anderer Beschichtungstechnologien ausgeführt werden.

[0069] Ein letzter Schritt des Verfahrens zur Herstellung eines Sicherheitsmerkmals ist der abschließenden Codezusammenfassung vorbehalten. Auf der Grundlage der unter definierten Anregungsbedingungen gemessenen Emissionspektren der aus den ausgewählten Einzelleuchtstoffen erstellten Leuchtstoffkombinationen werden die für die Echtheitsverifizierung erforderlichen und geeigneten codebildenden Emissionsmaxima (λ_{\max} -Werte) der individuell ausgezeichneten, vorzugsweise exklusiven Emissionslinien und/oder Emissionsbanden ausgewählt und einem Zeichenvorrat, beispielsweise einer Zahlen- oder Buchstabenabfolge zugeordnet.

[0070] Weiterhin betrifft eine Ausführungsform der Erfindung ein Verfahren zum Auslesen der Lumineszenzcodes und der Echtheitsverifizierung der beispielsweise als Markierungen ausgebildeten Sicherheitselemente eines Sicherheitsmerkmals des erfindungsgemäßen Codierungssystems bestimmt. Dieses Verfahren umfasst: das Anregen der die Sicherheitselemente bildenden Leuchtstoffkombinationen mit einer vorgegebenen unsichtbaren Anregungsstrahlung, die insbesondere von geeigneten UV- oder IR-Strahlungsquellen erzeugt wird, das Erfassen der elektromagnetischen Spektren dieser, verschiedenfarbig emittierende 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.

[0071] Der technische Aufwand für die sichere Verifikation des für alle verschiedenfarbig emittierenden Sicherheitselemente des erfindungsgemäßen Codierungssystems gleichermaßen charakteristischen Lumineszenzcodes hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die Breite des im Sichtbaren zu detektierenden Spektralbereiches und das Ausmaß der Komplexität der auf der Grundlage der individuellen, vorzugsweise exklusiven, Emissionsspektren der verwendeten Leuchtstoffkombinationen generierten Lumineszenzcodes, wobei insbesondere geringe spektrale Abstände zwischen den Maxima der für die Codebildung relevanten charakteristischen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden die Verwendung von leistungsfähigen optischen Spektrometern mit einem hohen spektralen Auflösungsvermögen erfordern.

[0072] Ein weiterer möglicher Gedanke der Erfindung 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.

[0073] Andererseits ist es im Sinne der Fälschungssicherheit durchaus vorteilhaft, wenn beispielsweise zumindest zwei der individuell ausgezeichneten Emissionslinien der farbidentischen Sicherheitselemente so eng beieinanderliegen, dass sie nicht ohne größeren technischen Aufwand voneinander unterschieden werden können.

[0074] 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 Einzelleuchtstoffe 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, vorzugsweise 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.

[0075] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung besteht darin, dass die bei einer vorgegebenen optischen Anregung vom Betrachter wahrgenommenen Farbunterschiede zwischen den zu Sicherheitsmerkmalen zusammengestellten verschiedenfarbig lumineszierenden Sicherheitselementen (die auch als Farbshift oder Farbtuning ausgeprägt sein können) zumindest auch bei einer weiteren, von der ersten grundsätzlich unterscheidbaren optischen Anregung, vom menschlichen Auge als vergleichbar oder gleichermaßen 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 gezeigt, dass es möglich ist, verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen mit einheitlichen spektralen Codes bereitzustellen, deren Farbeindrücke und Farbdifferenzen beispielsweise sowohl bei der Anregung mit UV-A- als auch UV-B-Strahlungsquellen vom Betrachter als vergleichbar angesehen werden.

5 [0076] In einer ganz besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die Farbeindrücke und die Farbunterschiede der für die Ausbildung eines Sicherheitsmerkmals des Codierungssystems jeweils ausgewählten verschiedenenfarbig emittierenden Sicherheitselemente bei allen in ultravioletten Spektralbereich einstellbaren Anregungsbedingungen, also sowohl bei Anregung mit UV-A-, UV-B- oder UV-C-Strahlungsquellen, vom Betrachter als vergleichbar, d.h. gleichermaßen verschiedenfarbig, identifiziert.

10 [0077] 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 15 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.

20 [0078] Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die folgenden Figuren und Tabellen näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1: eine schematische Darstellung der Normfarbtafel des CIE-Normfarbsystems mit auf Literaturangaben be- 25 ruhenden unterschiedlichen Benennungen der Farbregionen,

Fig. 2a-c: die Emissionsspektren von zwei Modellleuchtstoffen sowie die dazugehörigen Farbkoordinaten, dargestellt 30 in der Normfarbtafel des CIE-Normfarbsystems,

Fig. 3a-e: die Emissionsspektren von beispielhaften Leuchtstoffkombinationen (Leuchtstoffmischungen), die aus den 35 in den Fig. 2a-c gezeigten zwei Modellleuchtstoffen gebildet sind, und die dazugehörigen Farbkoordinaten der Leuchtstoffmischungen in der CIE-Normfarbtafel,

Fig. 4a-j: die Emissionsspektren von acht verschiedenfarbig lumineszierenden Sicherheitselementen mit bezüglich 40 der spektralen Abfolge der charakteristischen Emissionslinien identischen Lumineszenzcodes, die durch die Kombination von fünf Modelleuchtstoffen erstellt wurden, wobei die fünf Einzelleuchtstoffe so ausgewählt wurden, das sowohl ihre als auch die Farbkoordinaten der resultierenden, beispielhaften acht Leuchtstoffmischungen in der CIE-Normfarbtafel gemäß der Fig. 4a und 4b in Form von Geraden angeordnet sind,

Fig. 5a-j: ein weiteres Beispiel für die Generierung verschiedenfarbig lumineszierender Sicherheitselemente mit 45 spektral identischen Lumineszenzcodes, das auf der Verwendung von fünf Modelleuchtstoffen beruht, deren Farbkoordinaten in der CIE-Normfarbtafel gemäß der Fig. 5a und 5b in Form eines Oktaeders positioniert sind,

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

Fig. 7a-j: die Farbkoordinaten der drei ausgewählten realen Leuchtstoffe sowie die Emissionsspektren und Farbkoordinaten von acht beispielhaften, durch Kombination (Mischung) dieser Einzelleuchtstoffe bereitgestellten, 50 verschiedenfarbig lumineszierenden Sicherheitsmerkmale, die durch spektral identische Lumineszenzcodes gekennzeichnet sind.

[0079] Die nachfolgenden Tabellen beinhalten:

Tab. 1: die Lumineszenz-spezifischen Daten von zwei ausgewählten Modellleuchtstoffen, wie sie in der Fig. 2 beschrieben sind,

55 Tab. 2: die zur Ausbildung der in der Fig. 3b bis 3e beschriebenen beispielhaften lumineszierenden Sicherheitselemente erforderlichen Mischungsverhältnisse für die ausgewählten zwei Modellleuchtstoffe, sowie die Farbkoordinaten der beispielhaften Leuchtstoffkombinationen,

(fortgesetzt)

- 5 Tab. 3: die Lumineszenz-spezifischen Daten von weiteren fünf ausgewählten Modellleuchtstoffen, deren charakteristischen Farbkoordinaten in der Fig. 4a dargestellt sind,
- 10 Tab. 4: die Mischungsverhältnisse für diese Leuchtstoffe, die für das Erstellen von insgesamt acht in den Fig. 4c bis 4j beschriebenen beispielhaften, verschiedenfarbig lumineszierenden und mit spektral identischen Lumineszenzcodes ausgestatteten Sicherheitselementen zu Anwendung gebracht werden müssen, sowie die Farbkoordinaten der einzelnen, die Sicherheitselemente bildenden Leuchtstoffmischungen,
- 15 Tab. 5: die Lumineszenz-spezifischen Daten von weiteren fünf ausgewählten Modellleuchtstoffen, deren charakteristischen Farbkoordinaten in der Fig. 5a dargestellt sind,
- 20 Tab. 6: die Mischungsverhältnisse für diese Leuchtstoffe, auf deren Grundlage die in den Fig. 5c bis 5j beschriebenen, beispielhaften erfindungsgemäßen Sicherheitselementen konfiguriert werden können, sowie die Farbkoordinaten der einzelnen Leuchtstoffkombinationen, wie sie auch in der Fig. 5b dargestellt sind,
- 25 Tab. 7: die Farbkoordinaten und Emissionsmaxima von drei für die Erstellung erfindungsgemäßer lumineszierender Sicherheitselemente beispielhaft ausgewählten realen Leuchtstoffen, und
- 30 Tab. 8: die erforderlichen Mischungsverhältnisse für die Bereitstellung der in den Fig. 7c bis 7j anhand ihrer Emissionsspektren beschriebenen beispielhaften Kombinationen dieser realen Einzelleuchtstoffe sowie die für diese Emissionsspektren berechneten Farbkoordinaten.

[0080] Die Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der CIE-Normfarbtafel des CIE-Normvalenzsystems. Das CIE-Normvalenzsystem wurde entwickelt, um eine Relation zwischen der menschlichen Farbwahrnehmung und den physikalischen Ursachen des Farbreizes herzustellen und beruht auf der Definition eines idealen Normalbeobachters. Jedem wahrnehmbaren Farbton, also auch jedem Emissionsspektrum eines jeglichen Leuchtmittels wird in der CIE-Normfarbtafel eine konkrete Position, d.h. eine x, y-Farbkoordinate zugewiesen. Der obere, auch als "Spektralfarbenzug" bezeichnete Rand der dreieckförmigen Anordnung ist durch eine parabelförmige Linie gekennzeichnet, die den Wellenlängenbereich von $\lambda = 380$ bis 780 nm umfasst. Auf diesem Rand sind die Farborte der sogenannten reinen Spektralfarben positioniert, was im Falle von Selbstleuchtern, also etwa im Falle von im sichtbaren Spektralbereich emittierenden Leuchtstoffen bedeutet, dass ihre Emissionsspektren bei dieser Positionierung nur aus einzelnen monochromatischen Emissionslinien bestehen. Die lineare Verbindung zwischen den beiden Enden des "Spektralfarbenzuges" wird in allgemeinen als "Purpurgerade" bezeichnet. Anders als im Falle des "Spektralfarbenzuges" sind auf dieser Verbindungsgeraden die Koordinaten derjenigen Farbtöne angeordnet, die als Mischfarben zwischen blauviolett und rot wahrgenommen werden.

[0081] Darüber hinaus wurden in die schematische Darstellung der CIE-Normfarbtafel in der Fachliteratur (vergl.: R. Baer, Beleuchtungstechnik: Grundlagen, 3. Auflage, Huss-Medien 2006, S. 46) gelegentlich verwendete verbale Bezeichnungen für die unterschiedlichen Farbregionen aufgenommen.

[0082] Ein erstes beispielhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren Fig. 2a bis 2c in Verbindung mit den Figuren Fig. 3a bis 3e und der Tabelle Tab. 1 beschrieben. Dieses erste und einfache Beispiel der erfinderischen Idee beruht auf der Annahme, dass zur Generierung der verschiedenenfarbigen lumineszierenden Sicherheitselemente mit identischen spektralen Codes lediglich zwei Einzelleuchtstoffe ausgewählt werden. Bei diesen beiden Einzelleuchtstoffen 1 und 2 handelt es sich um Modellleuchtstoffe mit jeweils einer individuell ausgezeichneten Emissionslinie (vgl. Fig. 2b und 2c). In der Tab. 1 sind die entsprechenden Daten, insbesondere die Emissionsmaxima bei λ_{\max} von 460 bzw. 630 nm und die auf jeweils 10 nm festgelegten Halbwertbreiten der Emissionslinien sowie die dazugehörigen Farbkoordinaten aufgeführt (vgl. auch Fig. 2a, Δ -Symbol). Die Emissionsspektren dieser Modellleuchtstoffe 1 und 2 sind in der Fig. 2b und 2c grafisch dargestellt; Fig. 2a zeigt zudem eine CIE-Normfarbtafel, mit den durch ein einheitliches Dreiecks-Symbol (Δ) gekennzeichneten Farbkoordinaten 10 und 20, die für diese Modellleuchtstoffe charakteristisch sind.

Tab. 1

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite
	λ_{\max} /nm	X	y	nm
55 Einzelleuchtstoff 1, (Modellleuchtstoff MLS 1)	460	0,144	0,030	10
Einzelleuchtstoff 2 (Modellleuchtstoff MSL 2)	630	0,707	0,293	10

[0083] In der Fig. 3 sind die Emissionsspektren M-1 bis M-4 von vier beispielhaften, verschiedenfarbig emittierenden Sicherheitselementen zusammengestellt, die durch Kombination der ausgewählten Einzelleuchtstoffen 1 und 2 erhalten wurden. Die in der Fig. 3a gezeigten Kreis-Symbole (o) zeigen jeweils die zugeordneten Farbkoordinaten M-10 bis M-40 dieser Sicherheitselemente. Die zur Anwendung gebrachten Mischungsverhältnisse sind ebenso wie die numerischen Werte der Farbkoordinaten der Leuchtstoffkombinationen in der Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2

	Mischungsverhältnis/ Stoffmenzenanteil in %		Farbkoordinaten	
	Einzelleuchtstoff 1 (MSL 1)	Einzelleuchtstoff 2 (MSL 2)	x	y
Mischung M-1	65	35	0,255	0,082
Mischung M-2	40	60	0,373	0,138
Mischung M-3	23	77	0,484	0,190
Mischung M-4	10	90	0,597	0,242

[0084] Wie aus der Fig. 3a hervorgeht, liegen die Farbkoordinaten M10 bis M40 der erstellten beispielhaften Leuchtstoffmischungen M-1, M-2, M-3 und M-4 in der CIE-Normfarbtafel auf einer Geraden, die die Farbkoordinaten 10 und 20 der ausgewählten Einzel-Modellleuchtstoffe 1 und 2 verbindet. Diese Verbindungsline liegt oberhalb der in der Fig. 1 beschriebenen sogenannten "Purpurgeraden", die beispielhaften Leuchtstoffmischungen weisen also Emissionsfarben auf, die vom blauvioletten über den purpurroten bis in den zunehmend roten Spektralbereich wechseln. Wie die in den Fig. 3b bis 3e beschriebenen Emissionsspektren der Leuchtstoffkombinationen M-1 bis M-4 belegen, geht dieser Farbwechsel bzw. Farbshift mit den sich infolge der Verwendung unterschiedlicher Mischungsverhältnisse verändernden Intensitätsrelationen zwischen den zwei individuellen Emissionslinien der für die Erstellung der beispielhaften Leuchtstoffmischungen eingesetzten zwei Modellleuchtstoffe einher.

[0085] Darüber hinaus zeigen die Fig. 3b bis 3e, dass alle vier beispielhaften, durch unterschiedliche Emissionsfarben gekennzeichneten Leuchtstoffkombinationen im Sinne der Erfindung einen gemäß der spektralen Abfolge der zur Codebildung verwendbaren individuellen Emissionslinien identischen spektralen Lumineszenzcode aufweisen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel würde dieser Code lediglich aus zwei und noch dazu aus zwei spektral vergleichsweise weit auseinanderliegenden Emissionslinien bestehen. Ein solcher Code wäre vergleichsweise leicht verifizierbar, könnte aber auch vergleichsweise leicht nachgestellt werden. Die zur Erläuterung dieses ersten Ausführungsbeispiels in den Fig. 3b bis 3e aufgeführten Spektren zeigen jedoch, dass auch die unterschiedlichen Intensitätsverhältnisse der charakteristischen Emissionslinien der in Form von Sicherheitselementen verwendeten farbverschiedenen Leuchtstoffkombinationen als codebildenden Merkmal verstanden und zu Anwendung gebracht werden können. Neben den für alle Sicherheitselemente eines möglichen Sicherheitsmerkmals gleichermaßen geltenden, spektral identischen Lumineszenzcodes würden die einzelnen lumineszierenden Sicherheitselemente dann noch durch unterschiedliche, individuelle "Intensitätscodes" gekennzeichnet sein.

[0086] Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Anzahl der auf der Grundlage der zwei ausgewählten Einzelleuchtstoffe generierbaren farbverschiedenen Leuchtstoffkombinationen mit spektral einheitlichem Lumineszenzcode natürlich nicht auf die Zahl vier beschränkt ist. Zwischen den in den Fig. 2a und 3a dargestellten Farbkoordinaten 10 und 20 der zwei Einzelleuchtstoffe 1 und 2 ließen sich zahlreiche weitere Leuchtstoffkombinationen mit geringfügig abweichenden Farbkoordinaten platzieren. Auf diese Weise könnte bezüglich der Emissionsfarben der entsprechenden Sicherheitselemente ein nahezu kontinuierlicher Farbshift erzeugt werden, für den auch die Bezeichnungen Farbtuning oder Color-tuning verwendet werden könnten.

[0087] Die Fig. 4 sowie die dazugehörigen Tabellen 3 und 4 veranschaulichen ein weiteres Beispiel für die Erstellung eines erfindungsgemäßen Codierungssystems auf der Grundlage von fünf einzelnen Modellleuchtstoffen, die ebenfalls singuläre Emissionen und Farbkoordinaten aufweisen, die in der CIE-Normfarbtafel wiederum auf einer Geraden liegen. Die für die Lumineszenz der ausgewählten Modellleuchtstoffe charakteristischen Daten sind in der Tab. 3 zusammengestellt. Die Maxima der Emissionswellenlängen dieser fiktiven Leuchtstoffe variieren von 545 bis 630 nm, die Halbwertbreiten wurden auch für dieses Ausführungsbeispiel auf 10 nm festgelegt.

[0088] Die numerischen Werte der x- und y- Farbkoordinaten der fünf ausgewählten Einzelleuchtstoffe sind ebenfalls der Tab. 3 zu entnehmen, andererseits sind sie unter Verwendung der einheitlichen Δ - Symbole mit den Bezeichnungen 10°, 20°, 30°, 40°, und 50° in der CIE-Normfarbtafel der Fig. 4a dargestellt.

Tab. 3

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite	
	λ_{\max}/nm	x	y	nm	
5					
10	Einzelleuchtstoff 1'	545	0,267	0,722	10
15	Einzelleuchtstoff 2'	560	0,374	0,623	10
20	Einzelleuchtstoff 3'	578	0,499	0,500	10
25	Einzelleuchtstoff 4'	600	0,625	0,374	10
30	Einzelleuchtstoff 5'	630	0,707	0,293	10

[0089] Die deutlich erhöhte Anzahl der für die Bereitstellung der verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen mit spektral identischen Lumineszenzcodes ausgewählten Einzel-Modellleuchtstoffe und die auch daraus resultierenden geringeren spektralen Abstände zwischen den Emissionsmaxima dieser Leuchtstoffe führen im vorliegenden Ausführungsbeispiel zu einer stark ansteigenden Komplexität der Emissionsspektren und damit der auch der spektral identischen Lumineszenzcodes der unterschiedlichen, unter Einbeziehung aller modellmäßigen Einzelkomponenten erstellbaren Leuchtstoffkombinationen. Dies geht insbesondere aus den Fig. 4c bis 4j hervor, in denen die Emissionspektren M'-1 bis M'-8 von insgesamt acht unterschiedlichen, beispielhaften Leuchtstoffmischungen zusammengestellt wurden. Die jeweils verwendeten Mischungsverhältnisse sind ebenso wie die numerischen Werte für die Farbkoordinaten der Leuchtstoffkombinationen in der Tab. 4 aufgeführt

Tab. 4

	Mischungsverhältnis/Stoffmenzenanteil %					Farbkoordinaten	
	MLS 1'	MLS 2'	MLS 3'	MLS 4'	MLS 5'	x	y
30							
35	Mischung M'-1	60	10	10	10	0,380	0,614
40	Mischung M'-2	35	35	10	10	0,404	0,591
45	Mischung M'-3	42	12	15	15	0,434	0,562
50	Mischung M'-4	25	25	15	20	0,460	0,536
55	Mischung M'-5	20	20	20	20	0,484	0,513
60	Mischung M'-6	15	15	20	10	0,514	0,483
65	Mischung M'-7	13	13	10	32	0,544	0,454
70	Mischung M'-8	10	10	10	10	0,570	0,429

[0090] Aus der Fig. 4b ist ersichtlich, dass im vorliegenden Ausführungsbeispiel nicht nur die Farbkoordinaten der fünf ausgewählten Modellleuchtstoffe, sondern naturgemäß auch die, der aus ihnen erstellten acht beispielhaften Leuchtstoffmischungen in der CIE-Normfarbtafel auf einer Geraden positioniert sind. Auf Grund der vergleichsweise geringen Halbwertbreiten der für die Simulationsrechnungen ausgewählten fiktiver Einzelleuchtstoffe liegt diese Gerade in der Nähe des grün-roten Randes des CIE-Diagrammes also in der Nähe des rechtsseitigen Spektralfarbenzuges der Normfarbtafel. Die durch die o-Symbole gekennzeichneten Farbkoordinaten der einzelnen, verschiedenfarbig lumineszierenden Leuchtstoffkombinationen M'-10 bis M'-80 liegen zudem sehr eng beieinander und weisen einen Farbshift bzw. ein Colortuning auf, der gemäß den in der Fig. 1 beschriebenen Farzuweisungen im Gelbgrünen beginnt und über den gelben und den gelblich-orangenen Farbbereich schließlich in die orangefarbene Region wechselt.

[0091] Für die Auswahl der spektralen Positionen der für die Bereitstellung der erfundungsgemäß verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen erforderlichen Einzelleuchtstoffe gibt es im Sinne der Erfindung weder Einschränkungen noch Vorzugslösungen. Die Farbkoordinaten der Einzelleuchtstoffe müssen in der CIE-Normfarbtafel nicht notwendigerweise auf einer Geraden platziert sein; die Anzahl der einsetzbaren Komponenten und die spektralen Charakteristika, die sie aufweisen sollten, hängen beispielsweise vielmehr von den geplanten Anwendungsbedingungen der mit identischen spektralen Codes ausgestatteten, lumineszierenden Sicherheitselementen und vom zugelassenen

Auswand für den sichere Echtheitsnachweis der mit diesen Sicherheitselementen ausgestatteten Sicherheits- und Wertdokumenten ab. Zu den Entscheidungen, die in diesem Zusammenhang zu treffen sind, gehören die über das Ausmaß der Komplexität des für alle Sicherheitselemente des jeweiligen Sicherheitsmerkmals charakteristischen spektral identischen Lumineszenzcodes sowie diejenige über den Farbbereich und die gewünschten Farbunterschiede in dem und mit denen die verschiedenfarbig im sichtbaren Spektralbereich lumineszierenden Sicherheitselemente vom Betrachter wahrgenommen werden sollen.

[0092] Diese Feststellungen werden im Folgenden anhand eines weiteren Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt die Fig. 5a, dass auch in diesem Beispiel für die Ausbildung der erfundungsgemäßen Leuchtstoffkombinationen fünf einzelne Modelleuchtstoffe 1" bis 5" ausgewählt wurden, deren Farbkoordinate aber über den gesamten sichtbaren Spektralbereich verteilt angeordnet sind. Anders ausgedrückt, wurden die Emissionsspektren der für die Simulationsrechnungen verwendeten fiktiven Einzelleuchtstoffe so konzipiert, dass ihre Farbkoordinaten praktisch die gesamte Fläche der Normfarbtafel in Form eines Oktaeders "aufzuspannen" scheinen.

[0093] Für die Halbwertbreiten wurden im Vergleich zu den vorher betrachteten Beispielen etwas größere Werte (15 nm) festgelegt. Diese Werte, die Maxima der Emissionslinien sowie die numerischen Angaben zu den Farbkoordinaten der fünf Modelleuchtstoffe sind in der Tab. 5 zusammengestellt.

Tab. 5

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		Halbwertbreite	
	λ_{\max}/nm	X	y	nm	
	Einzelleuchtstoff 1"	470	0,125	0,060	15
	Einzelleuchtstoff 2"	495	0,032	0,404	15
	Einzelleuchtstoff 3"	520	0,085	0,814	15
	Einzelleuchtstoff 4"	560	0,376	0,622	15
	Einzelleuchtstoff 5"	620	0,688	0,312	15

[0094] Wie im zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wurden auch in vorliegenden Fall entsprechend der in der Tab. 6 wiedergegebenen Mischungsverhältnisse insgesamt acht unterschiedliche Leuchtstoffkombinationen berechnet, deren Emissionsspektren M"-1 bis M"-8 in den Fig. 5c bis 5j dargestellt sind. Diese Spektren enthalten wiederum jeweils alle fünf Emissionslinien bzw. Emissionsbanden der zur Erstellung der verschiedenfarbig lumineszierenden Leuchtstoffmischungen eingesetzten Einzelleuchtstoffe, wobei diese Spektren andererseits durch unterschiedliche Intensitätsverhältnisse gekennzeichnet sind.

[0095] Für die erfundungsgemäße Zuweisung eines einheitlichen Lumineszenzcodes, der auf der identischen spektralen Abfolge der vorhandenen Emissionslinien bzw. Emissionsbanden beruht, gibt es mehrere Optionen. Zum einen können natürlich alle fünf Emissionslinien bzw. Emissionsbanden in die Codezuweisung einbezogen werden, andererseits ist es aber auch möglich, eine geringere Anzahl der vorhandenen Lumineszenzsignale für die Codebildung auszuwählen. Im zuletzt genannten Fall wäre es dann auch möglich, den für den Echtheitsnachweis der mit den erfundungsgemäßen verschiedenfarbig lumineszierenden Sicherheitselementen ausgestatteten Sicherheits- und Wertdokumenten entscheidenden spektral identischen Lumineszenzcode in bestimmten zeitlichen Abständen zu wechseln.

Tab. 6

	Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil %					Farbkoordinaten	
	MLS 1"	MLS 2"	MLS 3"	MLS 4"	MLS 5"	x	y
Mischung M"-1	60	10	10	10	10	0,197	0,212
Mischung M"-2	35	35	10	10	10	0,198	0,291
Mischung M"-3	10	60	10	10	10	0,198	0,409
Mischung M"-4	10	35	35	10	10	0,208	0,499
Mischung M"-5	10	10	45	25	10	0,255	0,563

(fortgesetzt)

	Mischungsverhältnis/Stoffmengenanteil %					Farbkoordinaten	
	MLS 1"	MLS 2"	MLS 3"	MLS 4"	MLS 5"	x	y
5	Mischung M"-6	10	10	10	60	0,340	0,532
10	Mischung M"-7	10	10	10	35	0,412	0,453
15	Mischung M"-8	10	10	10	10	0,493	0,361

[0096] An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Komplexität der erfindungsgemäßen, spektral identischen Lumineszenzcodes durch die Einbeziehung weiterer Einzelleuchtstoffe mit singulären Emissionslinien bzw. Emissionsbanden in die Erstellung der verschiedenfarbig emittierenden Leuchtstoffkombinationen oder aber durch die Verwendung von Einzelleuchtstoffen mit mehreren Emissionslinien oder Emissionsbanden weiter gesteigert werden kann. Gleichzeitig sei erneut darauf verwiesen, dass auch die unterschiedlichen Intensitätsverhältnisse der charakteristischen Emissionslinien bzw. Emissionsbanden der einzelnen verschiedenfarbig lumineszierenden Sicherheitselemente eines entsprechenden Sicherheitsmerkmals als ein zusätzliches Kriterium für die Echtheitsverifizierung der mit ihnen ausgestatteten Sicherheits- und Wertdokumente verwendet werden können.

[0097] Eine wichtige Voraussetzung für die sichere Verifikation der erfindungsgemäß spektral identischen Lumineszenzcodes der verschiedenfarbig emittierenden Sicherheitselemente besteht darin, dass alle in die Codezuweisung einbezogenen Emissionslinien bzw. Emissionsbanden zumindest solchermaßen hohe Lumineszenzintensitäten aufweisen, dass sie unter den Bedingungen des zur Anwendung gelangenden Verifikationsverfahrens sicher detektiert werden können. Insbesondere im Falle hoher Detektionsgeschwindigkeiten gibt es erhöhte Anforderungen an die Mindestintensitäten der für die Codeausbildung ausgewählten Emissionssignale. In den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen wurde dieser Forderung dahingehend Rechnung getragen, dass für alle charakteristischen Emissionslinien oder Emissionsbanden der simulierten verschiedenfarbig lumineszierenden Leuchtstoffkombinationen eine Mindestintensität von 10 % der auf einen Wert von 100 relativen Einheiten festgelegten maximalen Intensitäten der in die Simulationsrechnungen einbezogenen Einzel-Modellleuchtstoffe festgelegt wurde.

[0098] Die Farbkoordinaten der für die ausgewählten Leuchtstoffkombinationen des zuletzt beschriebenen Ausführungsbeispiels berechneten Emissionsspektren weisen einen interessanten Verlauf auf. Wie aus der Fig. 5b hervorgeht, sind sie bogenförmig um den Weißlichtbereich der Normfarbtafel herum angeordnet, sodass die zugehörigen Emissionsfarben von blau über blaugrün, grün, gelbgrün und gelb bis in den orangefarbenen Bereich wechseln und somit praktisch die gesamte Regenbogenpalette umfassen.

[0099] Ein abschließendes Beispiel zur Erläuterung der Erfindung beschreibt die auf der Verwendung realer Leuchtstoffe beruhende Konfigurierung verschiedenfarbig emittierender Sicherheitselemente mit spektral identischen Lumineszenzcodes. Bei den hierfür ausgewählten drei realen Einzelleuchtstoffen handelt es sich um Tb^{3+} -, Dy^{3+} - sowie um Eu^{3+} -aktivierte anorganische Luminophore mit oxysulfidischen bzw. Vanadat-Grundgittern. Die bei einer vorgegebenen Anregung im UV- B-Bereich (313 nm-Anregungsquelle) gemessenen Emissionsspektren 1", 2" und 3" dieser drei Leuchtstoffe sind in den Fig. 6 a bis Fig. 6c dargestellt. Die Emissionsmaxima und die numerischen Daten der Farbkoordinaten der Leuchtstoffe sind der Tab. 7 zu entnehmen, die Fig. 7a zeigt die Positionierung dieser Farbkoordinaten in der CIE-Normfarbtafel.

Tab. 7

	Emissionswellenlänge	Farbkoordinaten		
		X	y	
45	$\lambda_{\text{max}}/\text{nm}$			
50	Einzelleuchtstoff 1" (realer Leuchtstoffe)	544,3	0,384	0,564
	Einzelleuchtstoff 2" (realer Leuchtstoffe)	574,2	0,400	0,440
	Einzelleuchtstoff 3" (realer Leuchtstoffe)	619,9	0,656	0,336

[0100] Auf der Grundlage der Emissionsspektren der beschriebenen realen Leuchtstoffkomponenten wurden gemäß der in der Tab. 8 aufgeführten Mischungsverhältnisse erneut acht beispielhafte Leuchtstoffkombinationen berechnet, deren Emissionsspektren in den Fig. 7c bis 7j dargestellt sind und deren Emissionsfarben gemäß Fig. 7b einen Farbshift aufweisen, der den gelbgrünen mit dem orangefarbenen Bereich der CIE-Normfarbtafel verbindet,

Tab. 8

	Mischungsverhältnis/ Stoffmengenanteil %			Farbkoordinaten	
	LS 1''	LS 2''	LS 3''	x	y
5	Mischung M'''-1	80	10	0,382	0,529
	Mischung M'''-2	60	20	0,414	0,494
	Mischung M'''-3	40	30	0,446	0,461
	Mischung M'''-4	30	30	0,474	0,440
	Mischung M'''-5	25	25	0,501	0,424
	Mischung M'''-6	20	20	0,529	0,408
	Mischung M'''-7	15	15	0,558	0,391
	Mischung M'''-8	10	10	0,589	0,374

[0101] Obwohl für die Erstellung der acht verschiedenfarbig lumineszierenden Leuchtstoffkombinationen lediglich drei reale Einzelleuchtstoffe verwendet wurden, weisen Emissionsspektren der erzeugten Mischungen eine hohe Anzahl von unterschiedlichen Emissionslinien auf. Wie die Fig. 6a bis 6c zeigen, ist dies ursächlich vor allem darauf zurückzuführen, dass die drei ausgewählten Einzelleuchtstoffe ja neben den mit Wellenlängenangaben gekennzeichneten Hauptemissionslinien bereits mehrerer weiterer charakteristische Emissionslinien aufweisen, die zum Teil sehr eng beieinanderliegen oder sich sogar überlappen. Daraus ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für die Zuweisung eines für alle entsprechenden Sicherheitselemente spektral identischen Lumineszenzcodes, die nicht nur die jeweiligen Hauptemissionslinien der zur Erstellung Leuchtstoffkombinationen verwendeten realen Einzelleuchtstoffe, sondern auch die unterschiedlichen Nebenlinien einschließen können. Gleichzeitig muss insbesondere im Fall von spektral sehr eng beieinanderliegenden Emissionslinien abgewogen werden, ob das spektrale Auflösungsvermögen der für den konkreten Anwendungsfall des erfindungsgemäßen Codierungssystems vorgesehene Detektionseinrichtung ausreicht, eine sicherere Verifizierung dieser Linien zu gewährleisten.

Bezugszeichenliste

[0102]

40	(erster) Einzelleuchtstoff	1, 1', 1", 1''
	(zweiter) Einzelleuchtstoffe	2, 2', 2", 2''
	(dritter) Einzelleuchtstoffe	3, 3', 3", 3'''
	(vierter) Einzelleuchtstoffe	4, 4', 4", 4'''
	(fünfter) Einzelleuchtstoffe	5, 5', 5", 5'''
45	Farbkoordinaten von Einzelleuchtstoff 1,1',1",1''	10, 10', 10", 10'''
	Farbkoordinaten von Einzelleuchtstoff 2,2',2",2''	20, 20', 20", 20'''
	Farbkoordinaten von Einzelleuchtstoff 3,3',3",3'''	30, 30', 30", 30'''
	Farbkoordinaten von Einzelleuchtstoff 4,4',4",4'''	40, 40', 40", 40'''
	Farbkoordinaten von Einzelleuchtstoff 5,5',5",5'''	50, 50', 50", 50'''
50	Erste Leuchtstoffkombination	M-1, M'-1, M"-1, M'''-1
	Zweite Leuchtstoffkombination	M-2, M'-2, M"-2, M'''-2
	Dritte Leuchtstoffkombination	M-3, M'-3, M"-3, M'''-3
	Vierte Leuchtstoffkombination	M-4, M'-4, M"-4, M'''-4
	Fünfte Leuchtstoffkombination	M-5, M'-5, M"-5, M'''-5
55	Sechste Leuchtstoffkombination	M-6, M'-6, M"-6, M'''-6
	Siebte Leuchtstoffkombination	M-7, M'-7, M"-7, M'''-7
	Achte Leuchtstoffkombination	M-8, M'-8, M"-8, M'''-8

(fortgesetzt)

5	Farbkoordinaten einer ersten Leuchtstoffkombination	M-10, M'-10, M"-10, M'''-10
	Farbkoordinaten einer zweiten Leuchtstoffkombination	M-20, M'-20, M"-20, M'''-20
	Farbkoordinaten einer dritten Leuchtstoffkombination	M-30, M'-30, M"-30, M'''-30
	Farbkoordinaten einer vierten Leuchtstoffkombination	M-40, M'-40, M"-40, M'''-40
	Farbkoordinaten einer fünften Leuchtstoffkombination	M-50, M'-50, M"-50, M'''-50
10	Farbkoordinaten einer sechsten Leuchtstoffkombination	M-60, M'-60, M"-60, M'''-60
	Farbkoordinaten einer siebten Leuchtstoffkombination	M-70, M'-70, M"-70, M'''-70
	Farbkoordinaten einer achten Leuchtstoffkombination	M-80, M'-80, M"-80, M'''-80

Patentansprüche

- 15 1. Codierungssystem zum Ausbilden eines Sicherheitsmerkmals in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten, mit
- mindestens zwei Einzelleuchtstoffen (1, 2), und
 - mindestens drei, mit den mindestens zwei Einzelleuchtstoffen (1,2) gebildeten, Leuchtstoffkombinationen (M-1, M-2, M-3), wobei
 - die mindestens drei Leuchtstoffkombinationen (M-1, M-2, M-3) in Form von mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen für das Sicherheitsmerkmal in oder an dem einem oder den mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten auf- oder angebracht sind, und
 - die mindestens drei Leuchtstoffkombinationen (M-1, M-2, M-3), jeweils im nicht-sichtbaren Spektralbereich anregbar sind und nach Anregung im sichtbaren Spektralbereich emittieren, wobei
 - jede der mindestens drei Leuchtstoffkombinationen (M-1, M-2, M-3) durch ein Emissionsspektrum mit mehreren individuellen Emissionslinien und/oder Emissionsbanden charakterisiert ist, und
- 30 wobei
- jede der mindestens drei Leuchtstoffkombinationen (M-1, M-2, M-3) eine identische spektrale Abfolge der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden aufweist, wobei die Intensitätsverhältnisse der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden verschieden sind,
 - jedem der mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen ein einheitlicher spektraler Code zugeordnet, wobei der Code durch die spektrale Abfolge der Emissionslinien und/oder Emissionsbanden gebildet wird, und wobei
 - die mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei Anregung unterschiedliche Farbkoordinaten (M-10, M-20, M-30) in einem CIE-Normfarbsystem aufweisen, so dass sie unterschiedliche Farbeindrücke bei einem Betrachter hervorrufen.
- 40 2. Codierungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein weiterer Einzelleuchtstoff zur Bildung weiterer Leuchtstoffkombinationen und Ausbildung weiterer lumineszierender Sicherheitselemente mit gleichem spektralen Code vorgesehen ist.
- 45 3. Codierungssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Farbkoordinaten der lumineszierenden Sicherheitselemente über ein Mischungsverhältnis der Einzelleuchtstoffe für die Leuchtstoffkombinationen eingestellt werden.
- 50 4. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Einzelleuchtstoffe einen organischen Leuchtstoff aufweist.
- 55 5. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens einer der Einzelleuchtstoffe einen anorganischen Leuchtstoff aufweist.
6. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sowohl anorganische als auch organische Einzelleuchtstoffe unterschiedlicher Korngröße sowie entsprechende Leuchtstoffkombinationen verwendet werden.

7. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelleuchtstoffe durch gezielte Substitutionen im Leuchtstoffgitter modifiziert werden, so dass diese ein exklusives Emissionsspektrum aufweisen.
- 5 8. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelleuchtstoffe 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.
- 10 9. Codierungssystem nach Anspruch 8, **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, als verschiedenfarbig wahrgenommen werden.
- 15 10. Codierungssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lumineszierenden Sicherheitselemente des Sicherheitsmerkmals bei jeder der vorgegebenen Anregungen im UV-A-, UV-B- oder UV-C-Spektralbereich unterschiedliche Farbkoordinaten in einem CIE-Normfarbsystem aufweisen, so dass die lumineszierenden Sicherheitselemente unterschiedliche Farbeindrücke bei dem Betrachter hervorrufen
- 20 11. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelleuchtstoffe im Infraroten Wellenlängenbereich, nämlich bei Wellenlängen zwischen 950 nm und 980 nm, anregbar sind.
- 25 12. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maxima der individuell ausgezeichneten Emissionslinien und/oder Emissionsbanden der Einzelleuchtstoffe und/oder Leuchtstoffkombinationen nur wenige Nanometer voneinander beabstandet sind, nämlich einen Abstand von weniger als 10 nm, oder bevorzugt von weniger als 5 nm, oder noch mehr besonders von weniger als 3 nm aufweisen.
- 30 13. Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einzelleuchtstoffe eine im Wesentlichen gleiche oder ähnliche Alterungsbeständigkeit aufweisen.
14. Sicherheitsmerkmal in oder an einem oder mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten, umfassend:
 - 35 - mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen für das Sicherheitsmerkmal in oder an einem oder den mehreren Sicherheits- oder Wertdokumenten auf- oder angebracht sind, wobei
 - den mindestens drei lumineszierenden Sicherheitselementen ein spektral identischer Code gemäß dem Codierungssystem nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche zugeordnet ist.
- 40 15. Sicherheits- oder Wertdokument umfassend ein Sicherheitsmerkmal nach Anspruch 14.

Claims

- 45 1. Coding system for forming a security feature in or on one or more security or value documents, comprising
 - at least two individual phosphors (1, 2), and
 - at least three phosphor combinations (M-1, M-2, M-3) formed with the at least two individual phosphors (1, 2), wherein
- 50 - the at least three phosphor combinations (M-1, M-2, M-3) are applied or affixed in the form of at least three luminescent security elements for the security feature in or on the one or more security or value documents, and
 - the at least three phosphor combinations (M-1, M-2, M-3) are each excitable in the non-visible spectral range and emit in the visible spectral range after excitation, wherein
 - each of the at least three phosphor combinations (M-1, M-2, M-3) is **characterized by** an emission spectrum with several individual emission lines and/or emission bands, and
- 55 wherein

- each of the at least three phosphor combinations (M-1, M-2, M-3) has an identical spectral sequence of emission lines and/or emission bands, whereby the intensity ratios of the emission lines and/or emission bands are different,
- a uniform spectral code is assigned to each of the at least three luminescent security elements, wherein the code is formed by the spectral sequence of the emission lines and/or emission bands, and wherein
- the at least three luminescent security elements of the security feature have different color coordinates (M-10, M-20, M-30) in a CIE standard color system when excited, so that they evoke different color impressions in an observer.

- 5 2. Coding system according to claim 1, **characterized in that** at least one further individual phosphor is provided for forming further phosphor combinations and forming further luminescent security elements with the same spectral code.
- 10 3. Coding system according to claim 1 or 2, **characterized in that** the colour coordinates of the luminescent security elements are adjusted via a mixing ratio of the individual phosphors for the phosphor combinations.
- 15 4. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the individual phosphors comprises an organic phosphor.
- 20 5. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** at least one of the individual phosphors comprises an inorganic phosphor.
- 25 6. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** both inorganic and organic individual phosphors of different particle sizes as well as corresponding phosphor combinations are used.
- 30 7. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the individual phosphors are modified by specific substitutions in the phosphor grid so that they have an exclusive emission spectrum.
- 35 8. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the individual phosphors can be excited in one or more ultraviolet wavelength ranges, namely at wavelengths between 380 nm and 315 nm (UV-A) and/or at wavelengths between 315 nm and 280 nm (UV-B) and/or at wavelengths between 280 nm and 200 nm (UV-C) .
- 40 9. Coding system according to claim 8, **characterized in that** the luminescent security elements of the security feature are perceived as having different colours under at least two excitation conditions which can be set in the ultraviolet spectral range, i.e. in the UV-A and/or in the UV-B and/or in the UV-C spectral range.
- 45 10. Coding system according to claim 9, **characterized in that** the luminescent security elements of the security feature have different color coordinates in a CIE standard color system at each of the predetermined excitations in the UV-A, UV-B or UV-C spectral range, so that the luminescent security elements evoke different color impressions in the observer
- 50 11. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the individual phosphors can be excited in the infrared wavelength range, namely at wavelengths between 950 nm and 980 nm.
- 55 12. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the maxima of the individually marked emission lines and/or emission bands of the individual phosphors and/or phosphor combinations are only a few nanometres apart, namely a distance of less than 10 nm, or preferably of less than 5 nm, or even more particularly of less than 3 nm.
- 60 13. Coding system according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the individual phosphors have substantially the same or similar ageing resistance.
- 65 14. Security feature in or on one or more security or value documents, comprising
 - at least three luminescent security elements for the security feature in or on the one or more security or value documents, wherein
 - the at least three luminescent security elements are assigned a spectrally identical code in accordance with

the coding system according to at least one of the preceding claims.

15. Security or value document comprising a security feature according to claim 14.

5

Revendications

1. Système de codage pour former une caractéristique de sécurité dans ou sur un ou plusieurs documents de sécurité ou de valeur, avec

10

- au moins deux substances luminophores individuels (1, 2), et
- au moins trois combinaisons de luminophores (M-1, M-2, M-3) formées avec les au moins deux luminophores individuels (1, 2), où
- les au moins trois combinaisons de luminophores (M-1, M-2, M-3) sont placées sous la forme d'au moins trois éléments de sécurité luminescents pour l'élément de sécurité dans ou sur le ou les documents de sécurité ou de valeur, et
- les au moins trois combinaisons de luminophores (M-1, M-2, M-3) peuvent être excitées chacune dans le domaine spectral non visible et émettent après excitation dans le domaine spectral visible, où
- chacune des au moins trois combinaisons de luminophores (M-1, M-2, M-3) est **caractérisée par** un spectre d'émission avec plusieurs lignes d'émission et/ou bandes d'émission individuelles, et

15

où

20

- chacune des au moins trois combinaisons de luminophores (M-1, M-2, M-3) présente une séquence spectrale identique des lignes d'émission et/ou des bandes d'émission, les rapports d'intensité des lignes d'émission et/ou des bandes d'émission étant différents,
- un code spectral uniforme est attribué à chacun des au moins trois éléments de sécurité luminescents, le code étant formé par la séquence spectrale des lignes d'émission et/ou des bandes d'émission, et dans lequel
- les au moins trois éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité présentent, en cas d'excitation, des coordonnées de couleur différentes (M-10, M-20, M-30) dans un système de couleurs normalisé CIE, de sorte qu'ils provoquent des impressions de couleur différentes chez un observateur.

25

2. Système de codage selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins une autre substance luminophores individuelle est prévue pour former d'autres combinaisons de substances luminophores et former d'autres éléments de sécurité luminescentes avec le même code spectral.

30

3. Système de codage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les coordonnées de couleur des éléments de sécurité luminescents sont réglées par un rapport de mélange des substances luminophores individuels pour les combinaisons de luminophores.

35

4. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des substances luminophores individuels comprend une substance luminophore organique.

40

5. Système de codage selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une des substances luminophores individuels présente une substance luminophore inorganique.

45

6. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on utilise des luminophores individuels tant inorganiques qu'organiques de granulométrie différente ainsi que des combinaisons de luminophores correspondantes.

50

7. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les luminophores individuels sont modifiés par des substitutions ciblées dans la grille de luminophores, de sorte qu'ils présentent un spectre d'émission exclusif.

55

8. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminophores individuels peuvent être excitées dans une ou plusieurs plages de longueurs d'onde ultraviolettes, à savoir à des longueurs d'onde entre 380 nm et 315 nm (UV-A) et/ou à des longueurs d'onde entre 315 nm et 280 nm (UV-B) et/ou à des longueurs d'onde entre 280 nm et 200 nm (UV-C).

9. Système de codage selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité sont perçus comme étant de couleurs différentes dans au moins deux conditions d'excitation réglables dans le domaine spectral de l'ultraviolet, c'est-à-dire dans le domaine spectral de l'UV-A et/ou de l'UV-B et/ou de l'UV-C.

5

10. Système de codage selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les éléments de sécurité luminescents de la caractéristique de sécurité présentent, pour chacune des excitations prédéfinies dans le domaine spectral UV-A, UV-B ou UV-C, des coordonnées de couleur différentes dans un système de couleurs normalisé CIE, de sorte que les éléments de sécurité luminescents provoquent des impressions de couleur différentes chez l'observateur.

10

11. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminophores individuels peuvent être excitées dans le domaine des longueurs d'onde infrarouges, à savoir à des longueurs d'onde comprises entre 950 nm et 980 nm.

15

12. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les maxima des lignes d'émission et/ou des bandes d'émission marquées individuellement des substances luminophores individuels et/ou des combinaisons de substances luminophores ne sont distants les uns des autres que de quelques nanomètres, à savoir qu'ils présentent une distance inférieure à 10 nm, ou de préférence inférieure à 5 nm, ou encore plus particulièrement inférieure à 3 nm.

20

13. Système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les substances luminophores individuels présentent une résistance au vieillissement essentiellement identique ou similaire.

25

14. Élément de sécurité dans ou sur un ou plusieurs documents de sécurité ou de valeur, comprenant :

30

- au moins trois éléments de sécurité luminescents pour la caractéristique de sécurité dans ou sur le ou les documents de sécurité ou de valeur, où
- les au moins trois éléments de sécurité luminescents sont associés à un code spectralement identique selon le système de codage selon au moins l'une des revendications précédentes.

35

15. Document de sécurité ou de valeur comprenant un élément de sécurité selon la revendication 14.

40

45

50

55

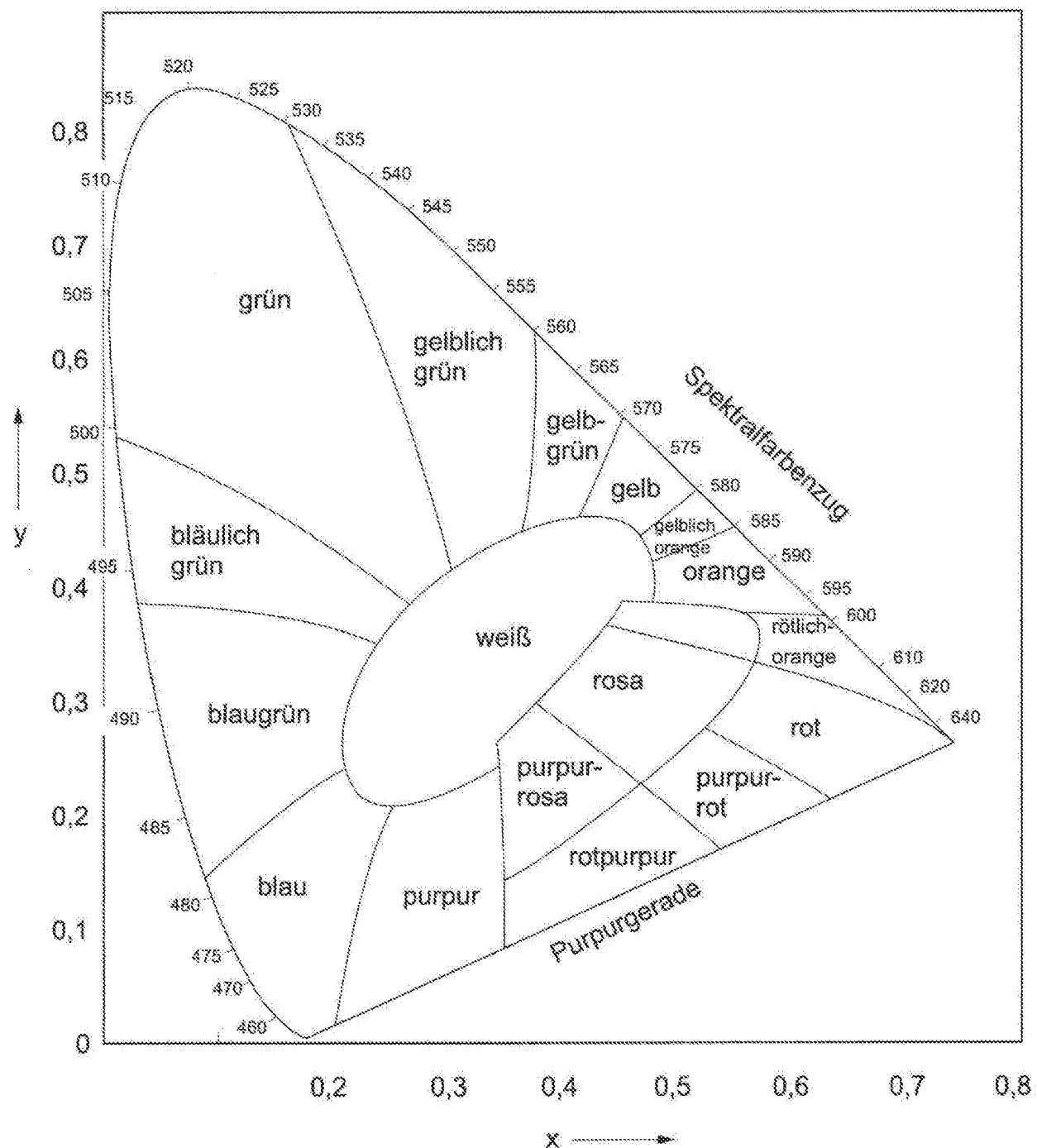
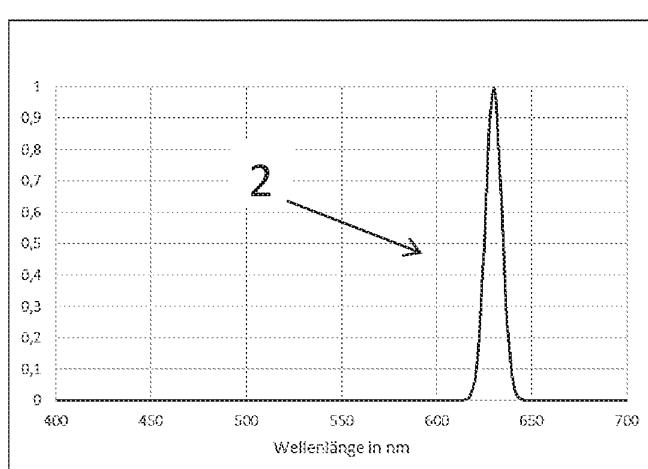
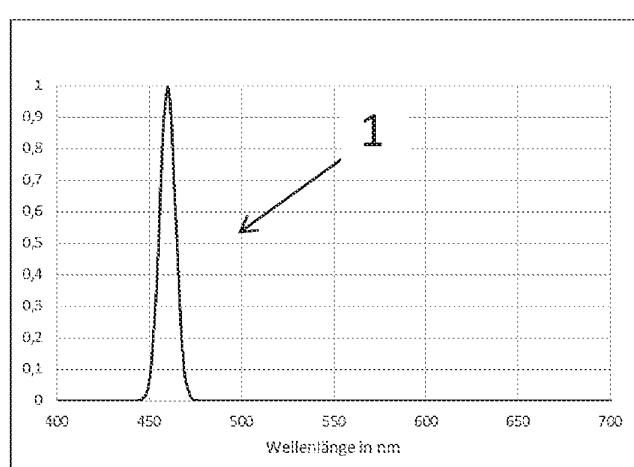
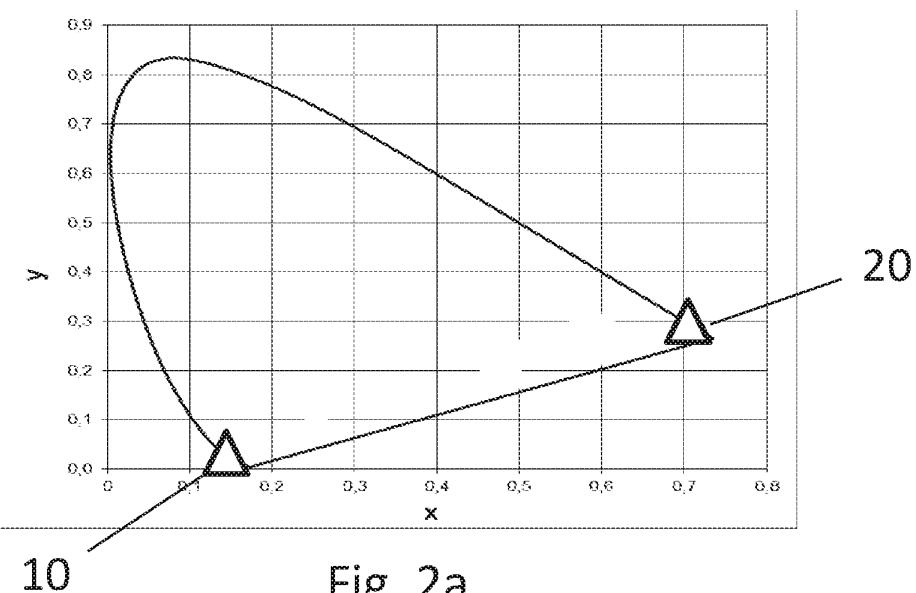


Fig. 1



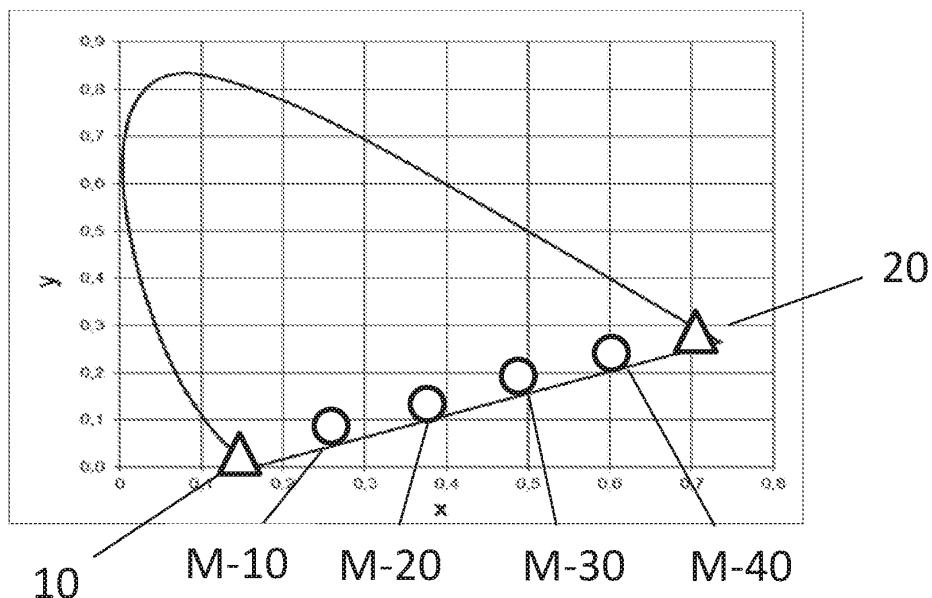


Fig. 3a

M-1

20

10

M-20

M-30

M-40

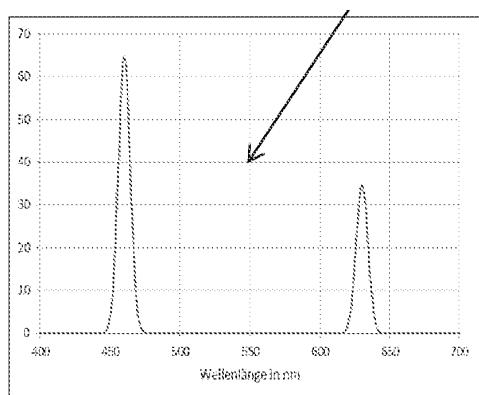


Fig. 3b

M-3

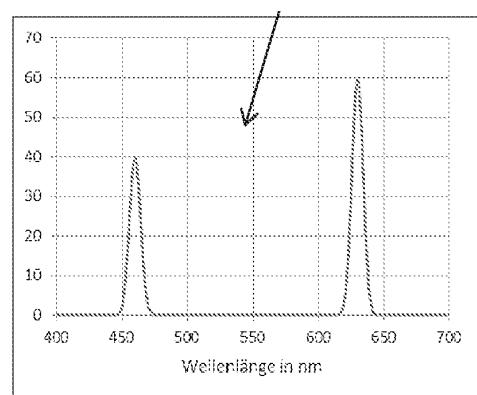


Fig. 3c

M-2

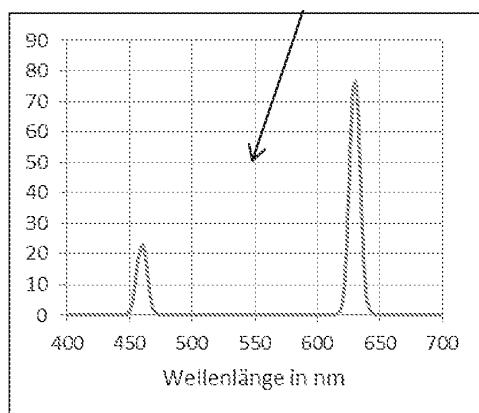


Fig. 3d

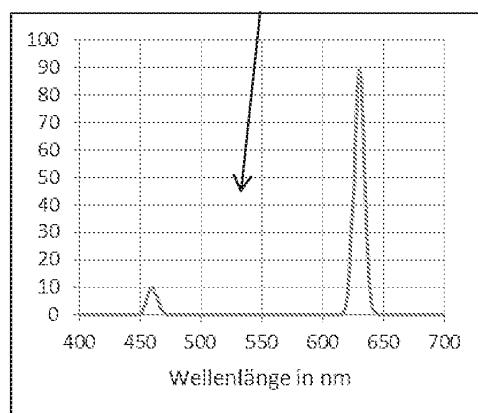


Fig. 3e

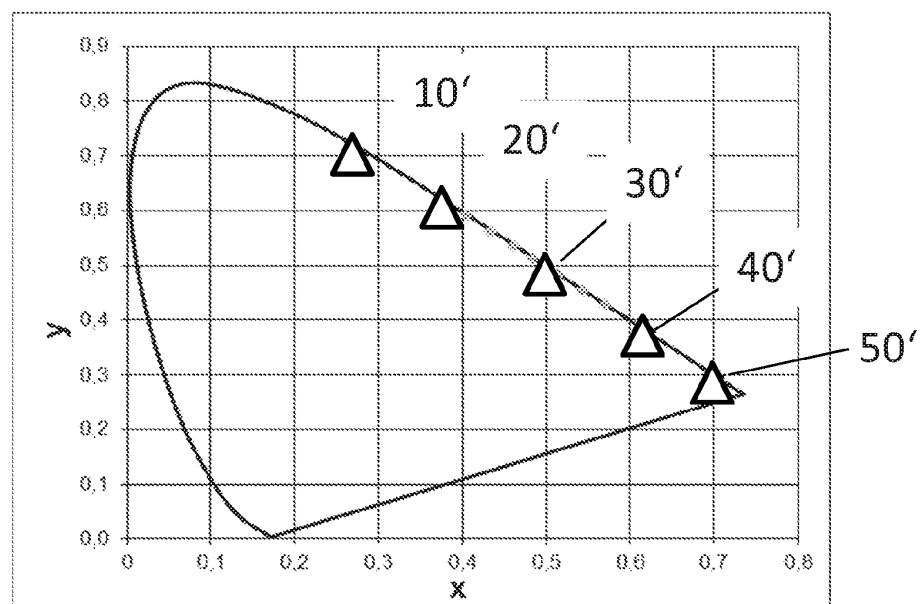


Fig. 4a

$M' - 1$

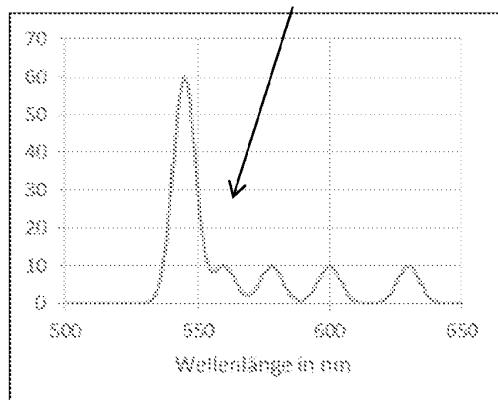


Fig. 4c $M' - 3$

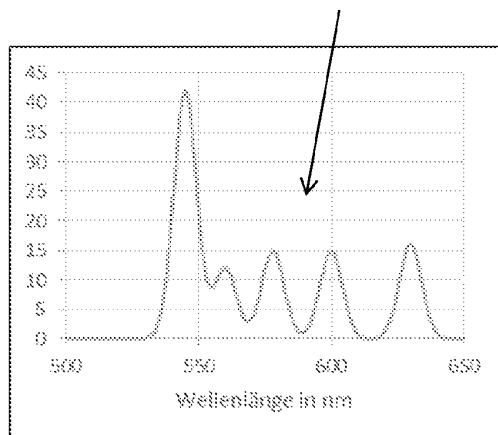


Fig. 4e

$M' - 2$

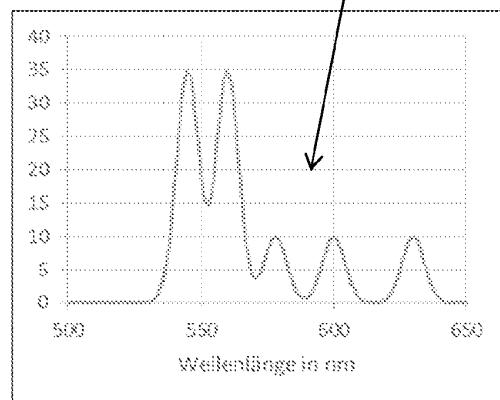


Fig. 4d

$M' - 4$

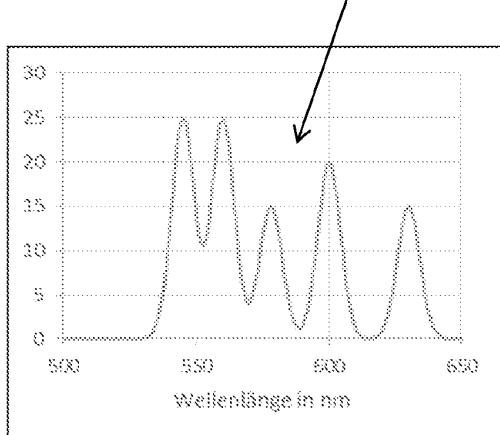


Fig. 4f

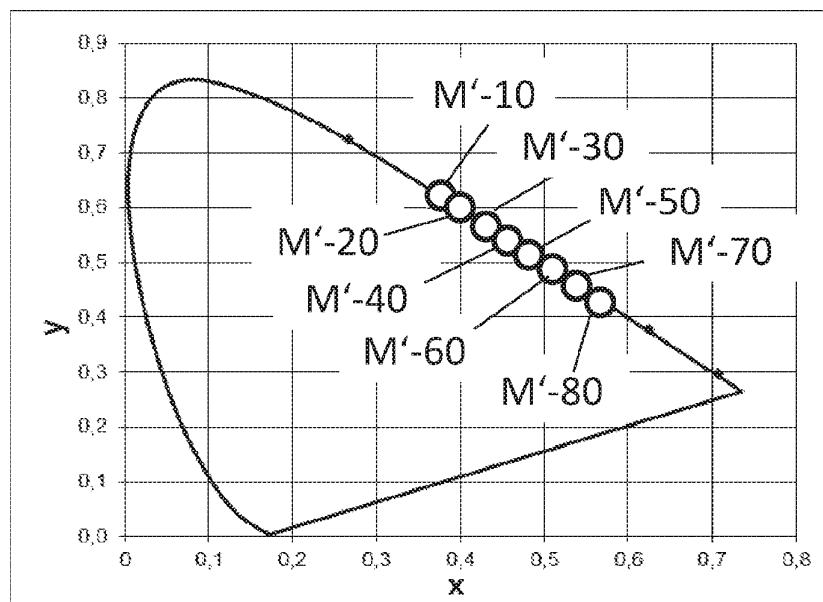


Fig. 4b

M'-6

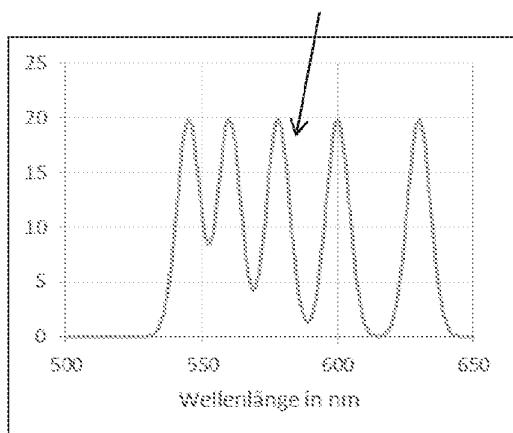


Fig. 4g

M'-7

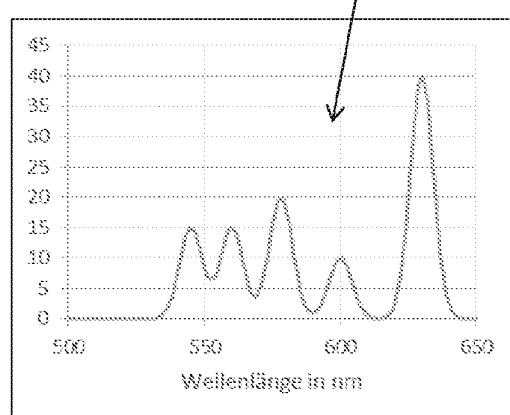


Fig. 4h

M'-8

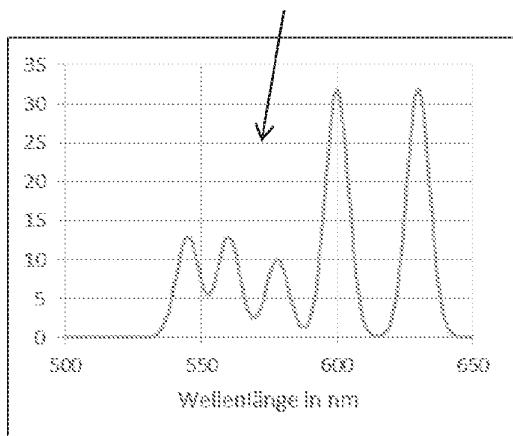


Fig. 4i

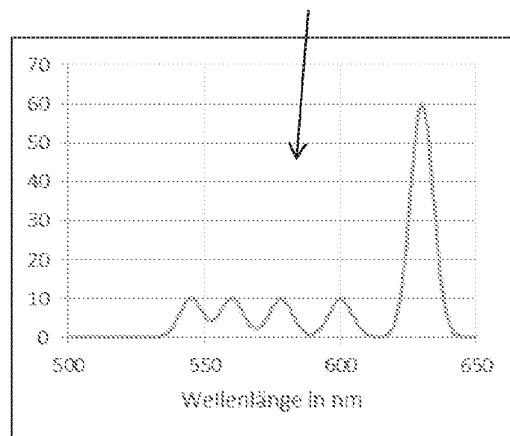


Fig. 4j

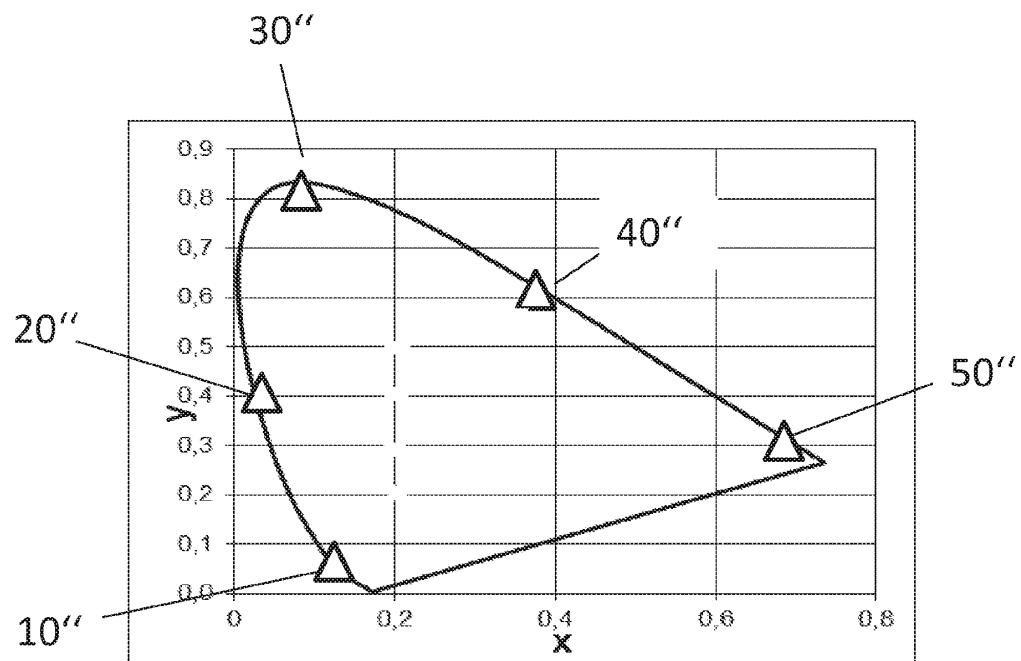


Fig. 5a
M''-1

M''-2

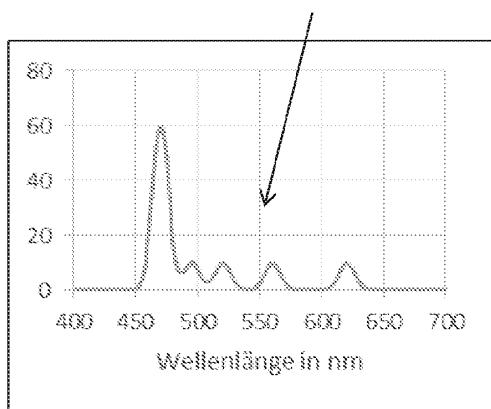


Fig. 5c

M''-3

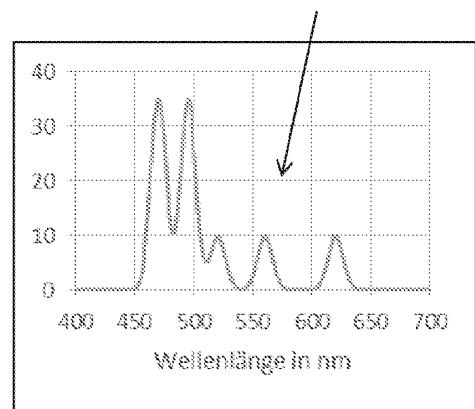


Fig. 5d

M''-4

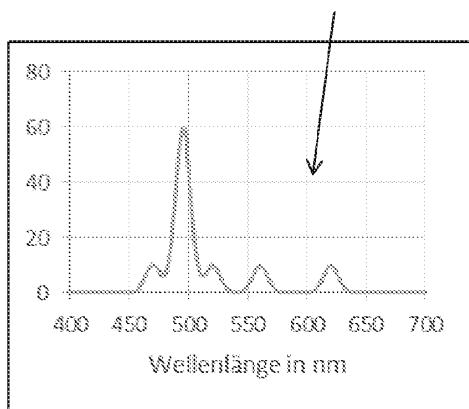


Fig. 5e

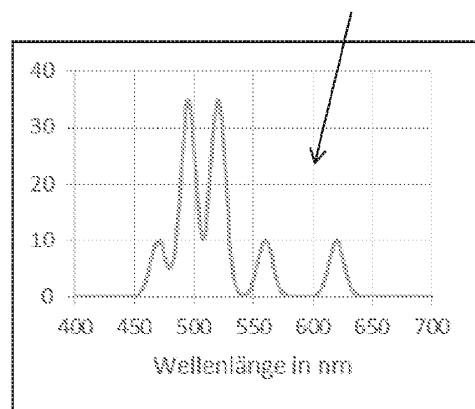


Fig. 5f

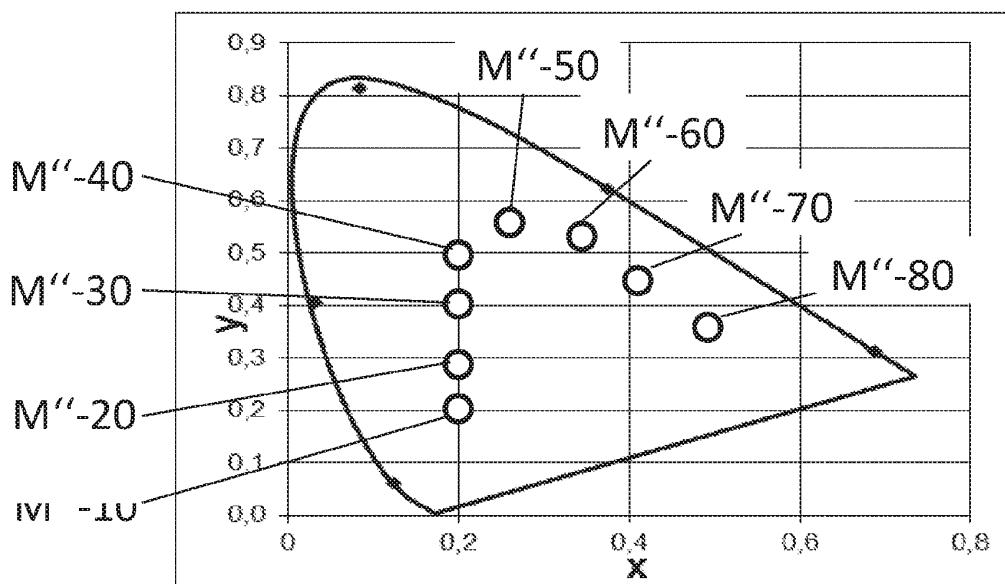


Fig. 5b

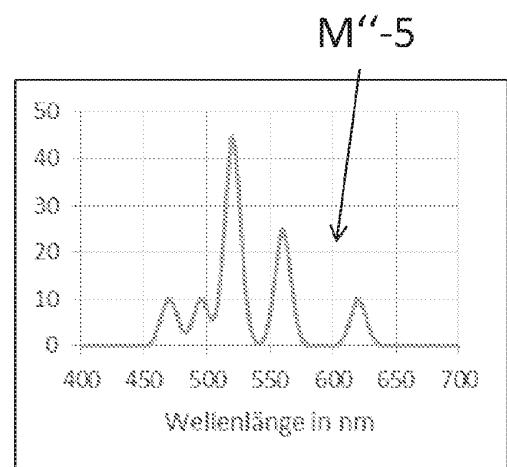


Fig. 5g

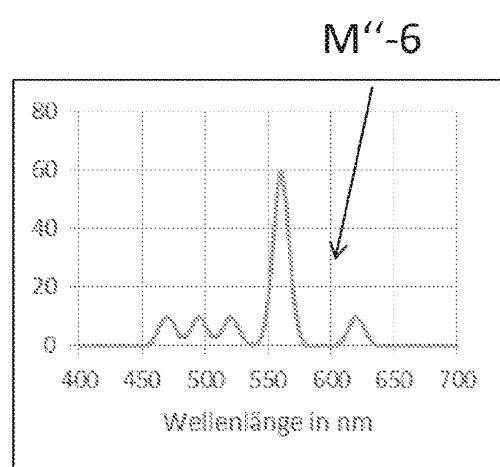


Fig. 5h

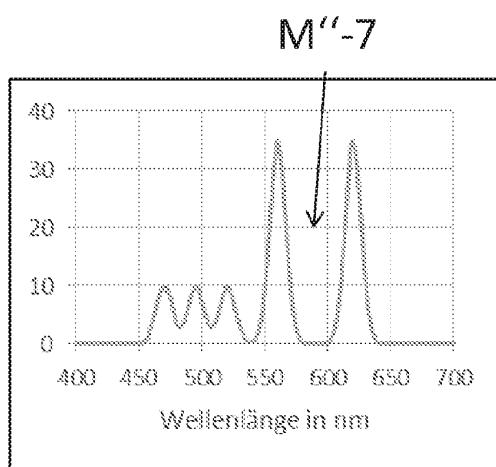


Fig. 5i

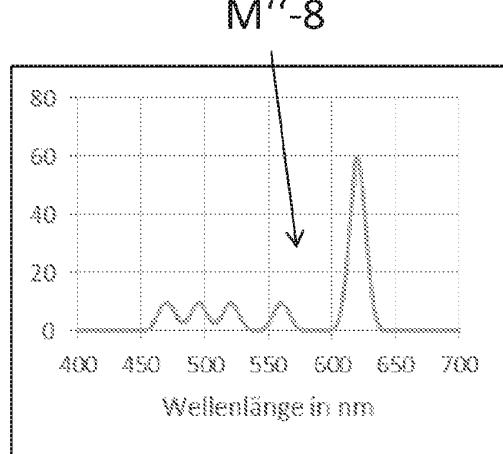


Fig. 5j

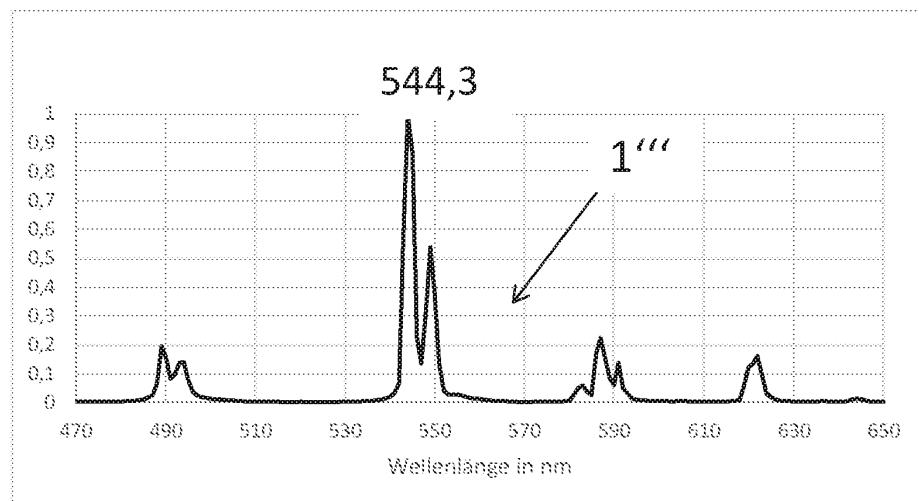


Fig. 6a

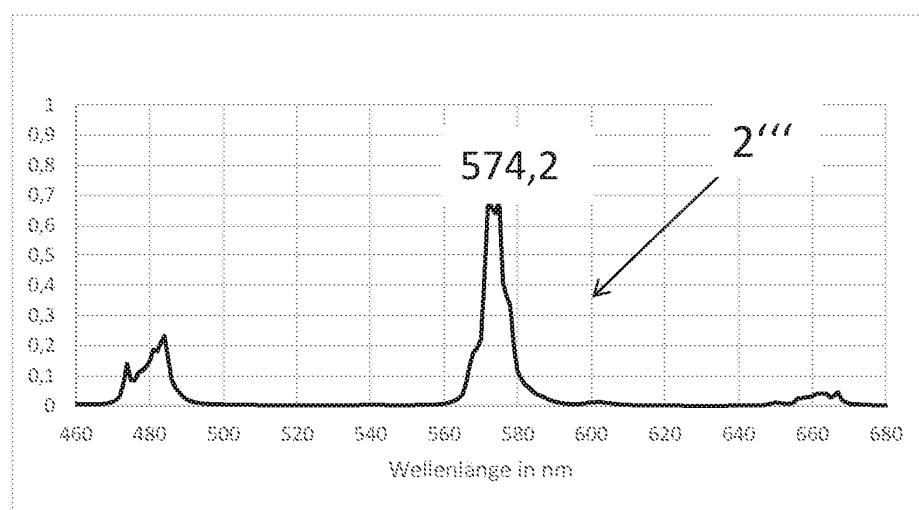


Fig. 6b

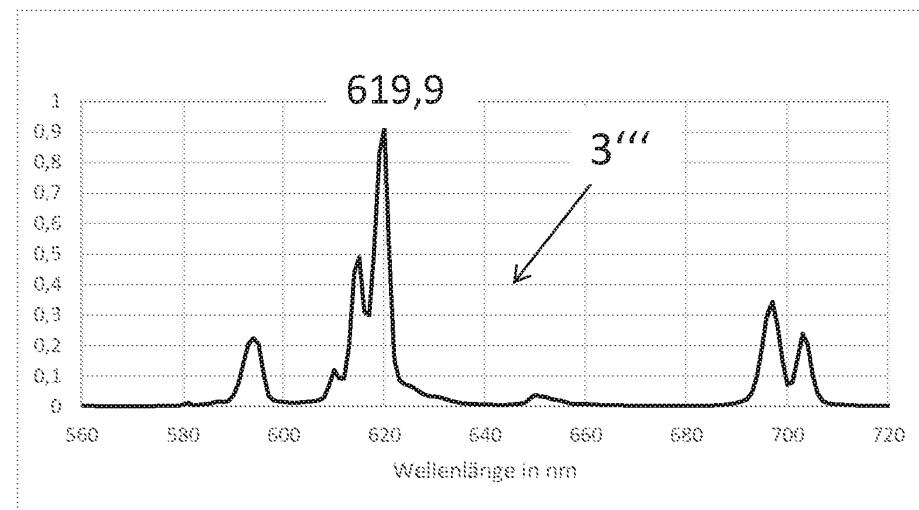


Fig. 6c

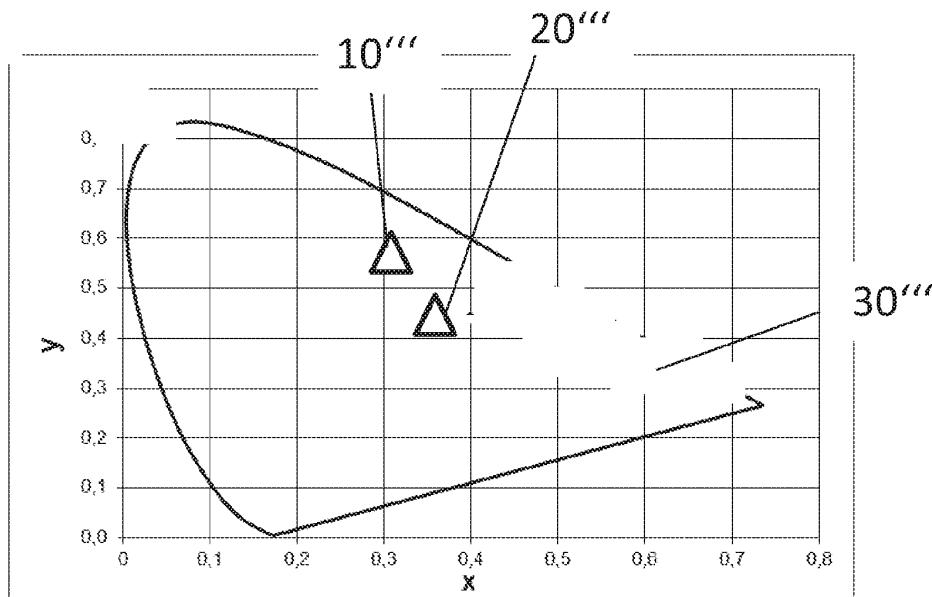


Fig. 7a

M'''-1

M'''-2

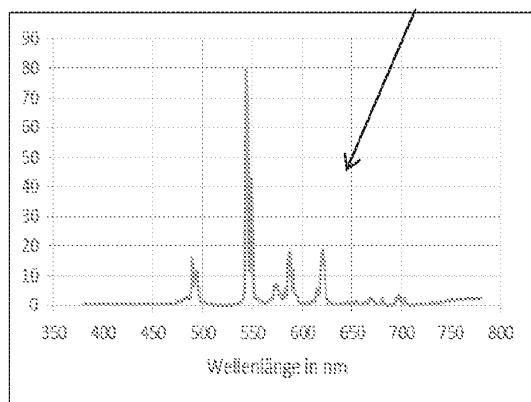


Fig. 7c

M'''-3

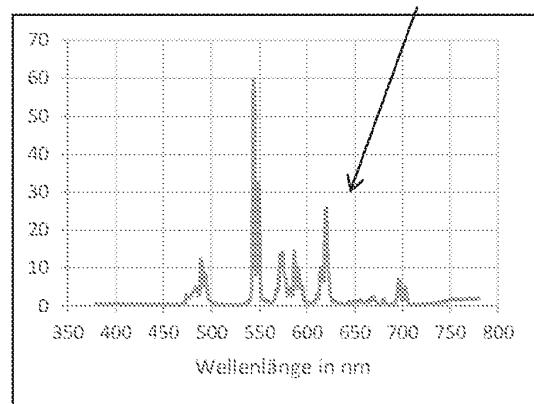


Fig. 7d

M'''-4

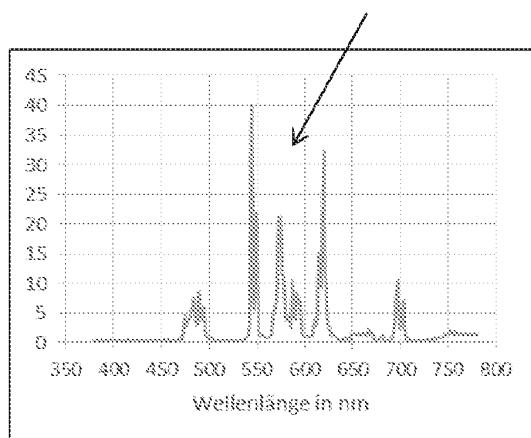


Fig. 7e

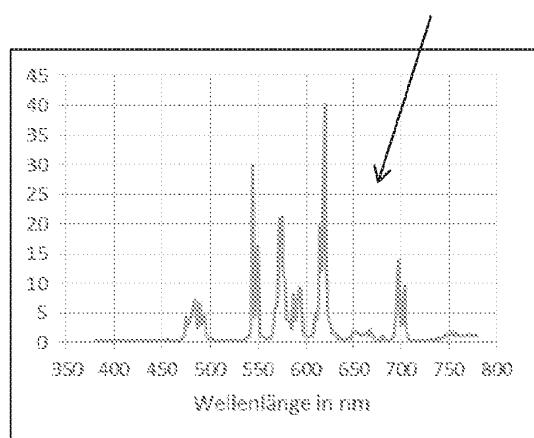


Fig. 7f

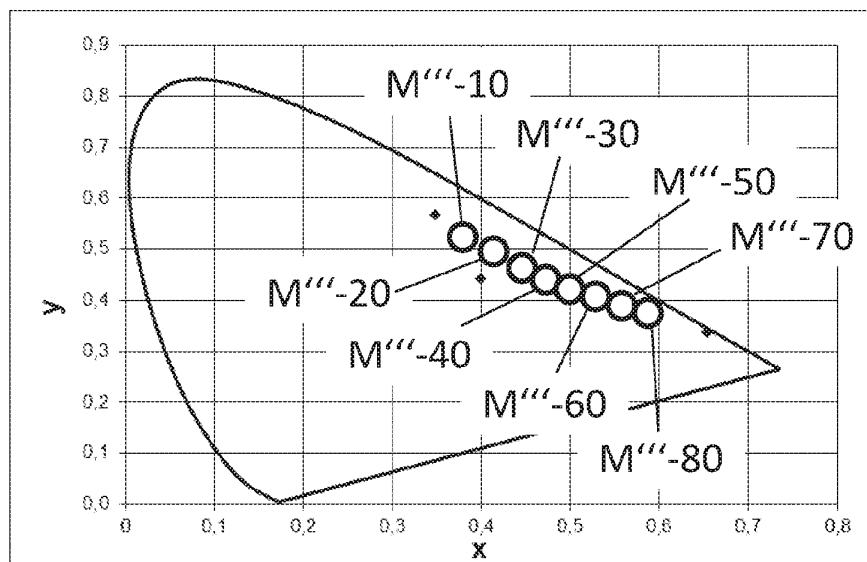


Fig. 7b

$M'''-5$

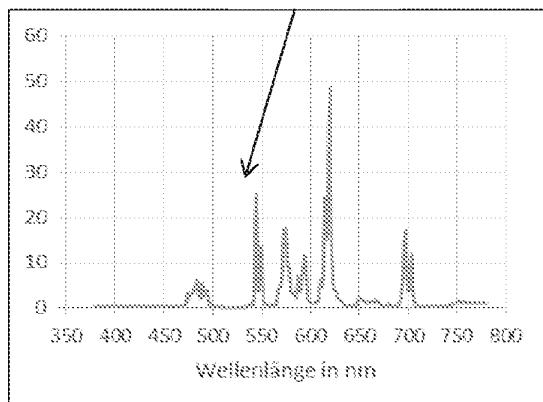


Fig. 7g

$M'''-7$

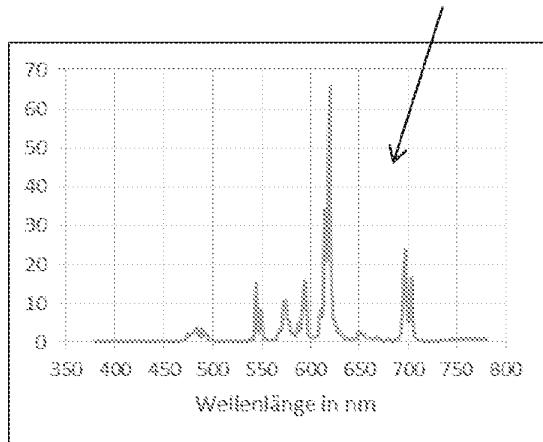


Fig. 7i

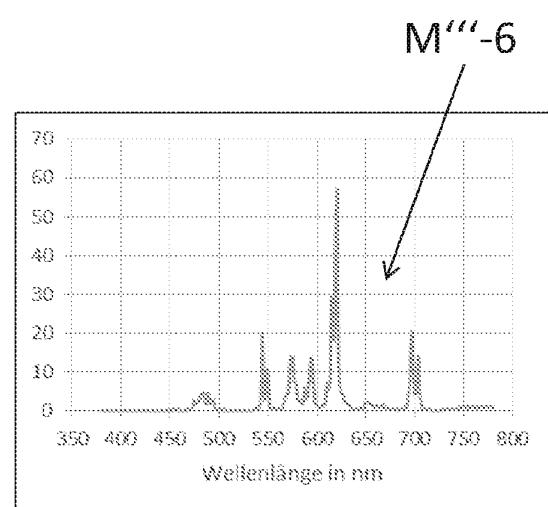


Fig. 7h

$M'''-6$

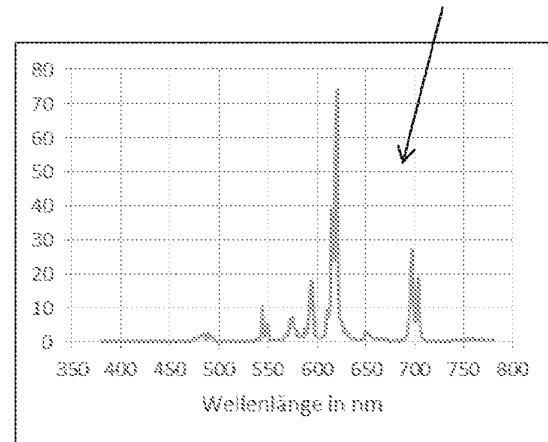


Fig. 7j

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]
- WO 2012003854 A1 [0005]
- WO 2017080654 A1 [0006]
- US 2009141961 A1 [0007]
- EP 1647947 A1 [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Psychophysics of Color Vision. **BACKHAUS, W. G. K. ; KLEGL, R. ; WERNER, J. S.** Color Vision. Perspectives from different Disciplines [0028]
- **IRTEL, H.** *Methoden der Psychophysik* [0028]
- **ERDFELDER, E.** Handbuch quantitative Methoden. Physiologie Verlags Union Weinheim, 1996, 479-489 [0028]
- **R. BAER.** Beleuchtungstechnik: Grundlagen. Huss-Medien, 2006, 46 [0081]