



(10) **DE 10 2014 112 681 A1** 2016.03.03

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 112 681.5**

(22) Anmeldetag: **03.09.2014**

(43) Offenlegungstag: **03.03.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 25/075** (2006.01)

**H01L 33/50** (2010.01)

**G03B 15/03** (2006.01)

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055  
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,  
Patentanwaltsgesellschaft mbH, 80639 München,  
DE**

(72) Erfinder:

**Stoll, Ion, Dr., 93105 Tegernheim, DE; Racz, David,  
93051 Regensburg, DE; Schneider, Markus, Dr.,  
93152 Nittendorf, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**US 2006 / 0 082 679 A1**

**US 2006 / 0 126 326 A1**

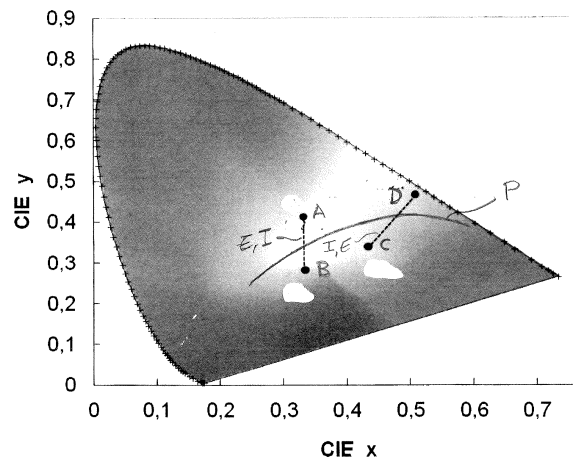
**US 2012 / 0 326 627 A1**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Optoelektronisches Halbleiterbauteil und Blitzlicht**

(57) Zusammenfassung: Es umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil (1) mindestens vier verschiedene Lichtquellen (11, 12, 13, 14) mit je einem optoelektronischen Halbleiterchip (10). Im Betrieb emittieren die Lichtquellen (11, 12, 13, 14) eine Strahlung mit voneinander verschiedenen Farborten (A, B, C, D) in der CIE-Normfarbtafel. Zumindest zwei der Farborte (A, B, C, D) liegen in der CIE-Normfarbtafel bevorzugt auf einer gemeinsamen Isothermen (I) oder auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden (E), die eine Isotherme (I) verlängert. Die Farborte (A, B, C, D) liegen dann mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse auf der Isothermen (I) oder der Verlängerungsgeraden (E). Das Halbleiterbauteil (10) ist außerdem dazu eingerichtet, im Betrieb weißes Licht zu emittieren, wobei eine Farbtemperatur des weißen Lichts veränderbar und durchstimmbare ist.



## Beschreibung

**[0001]** Es wird ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben. Darüber hinaus wird ein Blitzlicht mit einem solchen Halbleiterbauteil angegeben.

**[0002]** Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein optoelektronisches Halbleiterbauteil, insbesondere für Blitzlichtanwendungen, anzugeben, dessen Emissionsspektrum flexibel einstellbar ist.

**[0003]** Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein optoelektronisches Halbleiterbauteil und durch ein Blitzlicht mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0004]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil mindestens eine erste Lichtquelle, mindestens eine zweite Lichtquelle, mindestens eine dritte Lichtquelle und mindestens eine vierte Lichtquelle. Die Lichtquellen sind hinsichtlich ihres Emissionsspektrums verschieden voneinander. Mit anderen Worten umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil vier oder mehr als vier voneinander verschiedene Lichtquellen. Jede Lichtquelle weist ein bestimmtes Emissionsspektrum auf.

**[0005]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist jede der Lichtquellen des Halbleiterbauteils einen oder mehrere optoelektronische Halbleiterchips auf. Beispielsweise handelt es sich bei den Halbleiterchips um Leuchtdiodenchips oder Laserdiodenchips.

**[0006]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform emittieren die mindestens vier verschiedenen Lichtquellen im Betrieb jeweils Strahlung mit voneinander verschiedenen Farborten. Bei den Farborten handelt es sich um Farborte in der CIE-Normfarbtafel. Die Darstellung kann beispielsweise in einem CIE-xy-Diagramm, in einem CIE-uv-Diagramm oder in einem CIE-u'v'-Diagramm erfolgen. Die einzelnen, verschiedenen CIE-Darstellungen sind ineinander umrechenbar, beispielsweise wie der Druckschrift Y. Ohno, „Calculation of CCT and Duv and practical conversion formula“, CORM-Konferenz 2011, Gaversburg, Maryland, USA, 03.–05. Mai 2011, sowie der Druckschrift US 2003/0095138 A1 zu entnehmen. Der Offenbarungsgehalt dieser Druckschriften hinsichtlich der CIE-Normfarbtafel wird durch Rückbezug mit aufgenommen.

**[0007]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen zumindest zwei der Farborte der im Betrieb von den Lichtquellen emittierten Strahlungsspektren in der CIE-Normfarbtafel auf einer gemeinsamen Isothermen. Ebenso ist es möglich, dass diese Farborte auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden, die eine Isotherme verlängert, liegen. Isothermen

sind dabei Linien, die im CIE-uv-Diagramm senkrecht zur Schwarzkörperkurve, auch als Planck-Kurve bezeichnet, liegen, siehe auch zum Beispiel die Druckschrift Ohno, Seite 5. Eine Isotherme weist einen Abstand zur Planck-Kurve von höchstens 0,05 Einheiten auf. Mit anderen Worten enden die Isothermen in einem Abstand von 0,05 Einheiten zur Planck-Kurve, in CIE-uv-Darstellung oder auch in CIE-xy-Darstellung. Die Verlängerungsgeraden erstrecken sich über die zugehörigen Isothermen hinaus, in beide Richtungen weg von der Planck-Kurve.

**[0008]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen zumindest zwei Farborte mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse auf der gemeinsamen Isothermen oder der gemeinsamen Verlängerungsgeraden. Eine Ein-Schritt-MacAdam-Ellipse ist dabei ein Bereich, innerhalb dessen ein Standardbetrachter in der CIE-Normfarbtafel keinen Farbunterschied feststellen kann. Das Konzept der MacAdam-Ellipsen ist beispielsweise erläutert in der Druckschrift M. Wood, „MacAdam Ellipses“, ESTA Protocol Magazine, Herbst 2010, Seiten 15 bis 18. Der Offenbarungsgehalt dieser Druckschrift zu den MacAdam-Ellipsen wird durch Rückbezug mit aufgenommen.

**[0009]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Halbleiterbauteil dazu eingerichtet, im Betrieb farbiges Licht oder weißes Licht mit einer veränderbaren korrelierten Farbtemperatur, auch als correlated color temperature oder kurz CCT bezeichnet, zu emittieren. Weißes Licht bedeutet insbesondere, dass ein Farbort der insgesamt von dem Halbleiterbauteil emittierten Strahlung dann einen Abstand von höchstens 0,05 Einheiten oder 0,03 Einheiten oder 0,01 Einheiten oder von höchstens einer Fünf-Schritte-MacAdam-Ellipse oder höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse von der Planck-Kurve in der CIE-uv-Darstellung aufweist. Mit anderen Worten strahlt das Halbleiterbauteil im bestimmungsgemäßen Gebrauch Licht ab, das einem Betrachter weiß erscheint. Die von dem Halbleiterbauteil emittierte Mischstrahlung ist gezielt und reproduzierbar einstellbar.

**[0010]** In mindestens einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil mindestens vier verschiedene Lichtquellen mit je mindestens einem optoelektronischen Halbleiterchip. Im Betrieb emittieren die Lichtquellen eine Strahlung mit voneinander verschiedenen Farborten in der CIE-Normfarbtafel. Bevorzugt liegen zumindest zwei der Farborte in der CIE-Normfarbtafel auf einer gemeinsamen Isothermen oder auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden, die eine Isotherme verlängert. Die Farborte liegen dann mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden. Das Halbleiterbauteil ist außerdem bevorzugt dazu einge-

richtet, im Betrieb weißes Licht zu emittieren, wobei eine Farbtemperatur des weißen Lichts veränderbar und durchstimmbaar ist.

**[0011]** Bei Blitzlichtanwendungen, etwa in Mobiltelefonen und tragbaren Kameras, mischt sich häufig bei der Fotografie das eigentliche Blitzlicht mit Umgebungslicht. Da es eine Vielzahl von unterschiedlichen Umgebungslichtarten gibt, wie unterschiedliche Tageszeiten oder unterschiedliche künstliche Beleuchtungen etwa durch Fluoreszenzlampen oder Energiesparlampen, führt es zu einer erheblichen Verbesserung eines Weißabgleichs und einer Bildqualität, wenn das Licht des Blitzlichts auf das Umgebungslicht angepasst wird. Typischerweise kann dies nicht durch eine einzelne Lichtquelle oder durch eine einzelne Leuchtdiode, kurz LED, erreicht werden, sondern muss in der Regel durch zwei oder mehrere Lichtquellen oder LEDs samt zugehörigen Leuchtstoffen erreicht werden.

**[0012]** Eine Möglichkeit, unterschiedliches Licht abstrahlende Lichtquellen zu realisieren, besteht darin, den Lichtweg mehrerer Halbleiterchips in dem Halbleiterbauteil durch unterschiedliche Leuchtstoffe und/oder unterschiedliche Leuchtstoffmengen zu führen. Durch die Mischung des Lichts der einzelnen Lichtquellen in unterschiedlichen Verhältnissen kann eine Vielzahl von unterschiedlichen Farborten der insgesamt emittierten Strahlung mit dem Halbleiterbauteil erreicht werden, ohne dass zusätzliche Lichtquellen erforderlich sind. Dies führt zu einer erheblichen Verbesserung der Bildqualität.

**[0013]** Insbesondere gegenüber von LED-Bauteilen mit nur zwei oder drei Halbleiterchips mit zugeordnetem Leuchtstoff und/oder mit unterschiedlichen Emissionswellenlängen sind eine Effizienz und/oder eine Farbwiedergabequalität verbesserbar. So ist eine Reabsorption von bereits konvertierter Strahlung in einem Leuchtstoff reduzierbar, da verschiedene, reabsorbierend wirkende Leuchtstoffe auf unterschiedliche Halbleiterchips verteilt und platziert werden können. Da zumindest zwei der Farborte auf einer gemeinsamen Isothermen oder Verlängerungsgeraden liegen, kann im Betrieb von nur zwei der Lichtquellen ein gewählter Farbort auf der Planck-Kurve mit geringem Steueraufwand helligkeitsoptimiert realisiert werden. Beispielsweise liegt die Isotherme im Farbtemperaturbereich von mindestens 1000 K oder 2300 K oder 3000 K und/oder bei höchstens 20.000 K oder 10.000 K oder 7500 K oder 5000 K.

**[0014]** Wie bereits oben angegeben, bezieht sich der Begriff Isothermen insbesondere auf das uv-Diagramm im CIE-1960-Farbraum, wobei dieser Farbraum in die anderen CIE-Farbräume umrechenbar ist. Nachfolgend sind alle Angaben zu Farborten, soweit nicht anders angegeben, mit einer Toleranz von höchstens einer Fünf-Schritte-MacAdam-Ellipse oder

Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse oder Ein-Schritt-MacAdam-Ellipse zu verstehen.

**[0015]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfassen zwei, drei, vier oder mehr als vier der Lichtquellen zumindest einen Halbleiterchip, der blaues Licht emittiert. Beispielsweise liegt eine Dominanz-Wellenlänge und/oder Centroidwellenlänge des blauen Lichts bei mindestens 400 nm oder 420 nm oder 435 nm und/oder bei höchstens 500 nm oder 485 nm oder 460 nm.

**[0016]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen drei oder vier oder mehr als vier der Lichtquellen jeweils eine Leuchtstoffmischung auf. Die Leuchtstoffmischung beinhaltet einen oder mehrere Leuchtstoffe. Es ist die Leuchtstoffmischung dem zugehörigen Halbleiterchip nachgeordnet, insbesondere nur diesem Halbleiterchip.

**[0017]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Leuchtstoffmischung für zumindest einen Teil der Halbleiterchips oder für alle Halbleiterchips je nur zu einer Teilkonversion einer von dem zugehörigen Halbleiterchip emittierten Strahlung eingerichtet. Emittiert der Halbleiterchip dann beispielsweise blaues Licht, so wird dieses blaue Licht von der Leuchtstoffmischung nur teilweise in längerwelliges Licht umgewandelt und ein Teil des blauen Lichts durchläuft die Leuchtstoffmischung und wird emittiert.

**[0018]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform befinden sich die beiden Farborte auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden auf verschiedenen Seiten der Planck-Kurve in der CIE-xy-Normfarbtafel. Insbesondere weisen diese beiden Farborte damit eine  $c_y$ -Koordinate auf, die einmal einen größeren Wert und einmal einen kleineren Wert aufweist als die Planck-Kurve, bezogen auf die zugehörige Farbtemperatur.

**[0019]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen die vier Farborte paarweise auf Isothermen oder Verlängerungsgeraden. Das heißt, zwei Farborte liegen auf einer ersten Isothermen oder Verlängerungsgeraden und die zwei weiteren Farborte liegen auf einer zweiten Isothermen oder Verlängerungsgeraden. Die erste Isotherme oder Verlängerungsgerade weist eine Temperatur von bevorzugt mindestens 1000 K oder 2300 K und/oder von höchstens 5000 K oder 4500 K auf. Die zweite Isotherme oder Verlängerungsgerade zeigt bevorzugt eine Temperatur von mehr als 4500 K oder mehr als 5000 K und/oder von höchstens 20000 K oder 7500 K auf.

**[0020]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform befinden sich die beiden Farborte, die sich auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden befinden, gleich weit von der Planck-Kurve entfernt, insbesondere in CIE-uv-Darstellung. Sind die Farborte der-

art angeordnet, so ist speziell bei einem gleich intensiven Betreiben der beiden zugehörigen Lichtquellen ein resultierender Farbort einer Mischstrahlung auf der Planck-Kurve erreichbar, ohne größeren Steuer- aufwand.

**[0021]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen drei oder vier oder alle Farborte einen Abstand zu der Planck-Kurve, insbesondere in CIE-uv-Darstellung, von höchstens 0,04 Einheiten oder 0,03 Einheiten oder 0,02 Einheiten in der CIE-Normfarbtafel auf. Mit anderen Worten ist es möglich, dass drei oder vier oder alle Farborte der einzelnen Lichtquellen bereits weißes Licht darstellen. Alternativ ist es möglich, dass zwei oder drei oder vier der Farborte der Lichtquellen farbiges Licht und damit kein weißes Licht darstellen.

**[0022]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen zwei oder drei oder alle der Farborte nicht auf der Planck-Kurve. Das heißt insbesondere, dass ein Abstand dieser Farborte zur Planck-Kurve, zum Beispiel in CIE-xy-Darstellung und/oder in CIE-uv-Darstellung, mindestens 0,03 Einheiten oder 0,05 Einheiten oder 0,08 Einheiten oder 0,11 Einheiten beträgt.

**[0023]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen zwei der Farborte auf der Planck-Kurve, insbesondere mit einer Toleranz von höchstens 0,02 Einheiten oder 0,015 Einheiten in der CIE-Normfarbtafel. Die beiden auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden liegenden und/oder nicht auf der Planck-Kurve liegenden Farborte befinden sich hinsichtlich ihrer CIE-x-Koordinate zwischen den beiden Farborten auf der Planck-Kurve. Insbesondere ist durch die vier Farborte dann ein Viereck in der CIE-xy-Darstellung aufgespannt, dessen Längsachse oberhalb oder unterhalb der Planck-Kurve liegt oder eine Sehne zur Planck-Kurve bildet. Die Längsachse des Vierecks ist beispielsweise um mindestens einen Faktor 1,5 oder 2 oder 2,5 und/oder um höchstens einen Faktor 6 oder 4 oder 3 länger als eine kurze Achse des Vierecks, die senkrecht oder näherungsweise senkrecht zu der Längsachse orientiert sein kann. Die Längsachse wird von der kurzen Achse entweder in einem Drittel mit den kleinsten CIE-x-Koordinaten oder in einem mittleren Drittel oder in einem Drittel mit den größten CIE-x-Koordinaten geschnitten. Bevorzugt liegt der Schnittpunkt in dem mittleren Drittel.

**[0024]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen die beiden auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden liegenden und/oder nicht auf der Planck-Kurve liegenden Farborte um mindestens 0,04 Einheiten oder 0,06 Einheiten oder 0,08 Einheiten näher an dem Farbort mit der größten CIE-x-Koordinate als an dem Farbort mit der kleinsten CIE-x-Koordinate. Mit anderen Worten weist einer der Farborte dann eine vergleichsweise kleine CIE-x-Koordinate

auf und drei der Farborte weisen eine ähnliche, sich beispielsweise um höchstens 0,08 oder 0,04 Einheiten unterscheidende, relativ große CIE-x-Koordinate auf.

**[0025]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen die beiden Farborte mit den größten CIE-x-Koordinate auf der Planck-Kurve, insbesondere mit einer Toleranz von höchstens 0,02 Einheiten oder 0,015 Einheiten oder 0,01 Einheiten. Die beiden auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden liegenden und/oder nicht auf der Planck-Kurve liegenden Farborte weisen je kleinere oder auch je größere CIE-x-Koordinaten auf als die beiden Farborte auf der Planck-Kurve. Es ist möglich, dass durch die vier Farborte lediglich ein Dreieck aufgespannt ist, wobei eine Spitze dieses Dreiecks entweder hin zu großen CIE-x-Koordinaten oder hin zu kleinen CIE-x-Koordinaten zeigt. Der Farbort, der sich innerhalb des aufgespannten Dreiecks befindet, liegt bevorzugt mit einer Toleranz von höchstens 0,04 Einheiten oder 0,02 Einheiten oder 0,01 Einheiten in einem Flächenschwerpunkt des aufgespannten Dreiecks, insbesondere in CIE-xy-Darstellung. Eine maximale Längsausdehnung des aufgespannten Dreiecks, entlang der x-Richtung, übersteigt bevorzugt eine maximale Querausdehnung des Dreiecks, entlang der y-Richtung, um mindestens einen Faktor 1,2 oder 1,5 oder 1,75 und/oder um höchstens einen Faktor 3 oder 4 oder 2.

**[0026]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist ein erster der Farborte eine CIE-x-Koordinate von mindestens 0,2 und/oder höchstens 0,3 und eine CIE-y-Koordinate von mindestens 0,15 und/oder höchstens 0,4 auf.

**[0027]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegt ein zweiter der Farborte bei einer CIE-x-Koordinate von mindestens 0,45 oder 0,5 und bei einer CIE-y-Koordinate von mindestens 0,25 und/oder höchstens 0,38.

**[0028]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist ein dritter der Farborte eine CIE-y-Koordinate von mindestens 0,40 und/oder höchstens 0,50 auf. Hierbei ist die CIE-x-Koordinate des dritten Farborts bevorzugt zwischen den CIE-x-Koordinaten des ersten und des zweiten Farborts angesiedelt.

**[0029]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist ein vierter der Farborte eine CIE-x-Koordinate auf, die um höchstens 0,05 oder 0,02 von der CIE-x-Koordinate des dritten Farborts abweicht. Eine CIE-y-Koordinate des vierten Farborts ist dabei um mindestens 0,04 oder 0,06 und/oder um höchstens 0,15 oder 0,10 kleiner als die CIE-y-Koordinate des dritten Farborts.

**[0030]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind zwei oder drei oder vier oder alle der Lichtquellen unabhängig voneinander elektrisch ansteuerbar. Das heißt, eine Intensität des von den zugehörigen Lichtquellen abgestrahlten Lichts ist dann unabhängig von der Intensität der anderen Lichtquellen einstellbar.

**[0031]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die beiden Lichtquellen mit den auf der Isothermen oder der Verlängerungsgeraden liegenden Farborten in dem Halbleiterbauteil so verschaltet, dass sie mit mindestens 50 % oder 75 % oder 85 % einer Maximalleistung betrieben werden. Maximalleistung bedeutet dabei diejenige Leistung, mit der die Lichtquellen gerade noch bestimmungsgemäß und nicht lebensdauerreduzierend betreibbar sind.

**[0032]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das von dem Halbleiterbauteil im Betrieb emittierte Weißlichtspektrum im Spektralbereich zwischen 480 nm und 700 nm genau ein Intensitätsmaximum auf, das bevorzugt nicht an den Grenzen sondern im Inneren dieses Spektralbereichs liegt. Insbesondere sind die einzelnen Lichtquellen in dem Halbleiterbauteil derart verschaltet, dass im bestimmungsgemäßen Gebrauch kein Betreiben des Halbleiterbauteils möglich ist, sodass diese Bedingung nicht erfüllt ist.

**[0033]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist mindestens eine oder, bevorzugt, genau eine der Lichtquellen einen Halbleiterchip auf, der im Betrieb nahinfrarote Strahlung emittiert. Dieser zumindest eine Halbleiterchip weist bevorzugt eine Wellenlänge maximaler Intensität von mindestens 800 nm oder 850 nm und/oder höchstens 1500 nm oder 1300 nm oder 950 nm auf. Bevorzugt ist diesem im infraroten emittierenden Halbleiterchip zumindest ein Leuchtstoff zur Umwandlung eines Teils der nahinfraroten Strahlung in sichtbares Licht nachgeordnet. Dabei liegen zum Beispiel mindestens 30 % oder 50 % oder 70 % der Strahlungsleistung dieser Lichtquelle, gemessen in Watt, bei Wellenlängen von 730 nm oder mehr oder 750 nm oder mehr. Durch Verwendung einer solchen Lichtquelle, die nahinfrarote Strahlung und auch sichtbare Strahlung emittiert, ist insbesondere über den nahinfraroten Anteil eine 3D-Abrasterung eines aufzunehmenden Objekts ermöglicht.

**[0034]** Alternativ ist es auch möglich, dass ein nahinfrarote Strahlung emittierender Halbleiterchip verwendet wird, dem kein Leuchtstoff nachgeordnet ist. Das heißt, die entsprechende Lichtquelle emittiert dann beispielsweise ausschließlich nahinfrarotes Licht und kein sichtbares Licht.

**[0035]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist eine der Lichtquellen einen farbiges Licht emittierenden Halbleiterchip auf, dem ein Leuchtstoff zur

Erzeugung nahinfraroter Strahlung nachgeordnet ist. Beispielsweise emittiert der zugehörige Halbleiterchip dann blaues Licht und/oder grünes Licht und/oder rotes Licht. Eine Wellenlänge maximaler Intensität der von dem Leuchtstoff emittierten Strahlung liegt bevorzugt bei mindestens 750 nm und/oder bei höchstens 850 nm oder 900 nm. Zum Beispiel liegen mindestens 30 % oder 50 % oder 70 % der Strahlungsleistung dieser Lichtquelle, gemessen in Watt, bei Wellenlängen von mindestens 730 nm oder 750 nm.

**[0036]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen zwei oder drei oder vier oder alle Farborte der Lichtquellen eine Farbsättigung von mindestens 10 % oder 20 % und/oder von höchstens 90 % oder 80 % oder 50 % auf. Mit anderen Worten weist dann zumindest ein Teil der Lichtquellen einen Farbort mit einer vergleichsweise geringen Farbsättigung auf. Es ist möglich, dass Lichtquellen mit einer geringen Farbsättigung mit Lichtquellen einer hohen Farbsättigung, beispielsweise von mindestens 60 % oder 80 % oder 85 %, kombiniert verwendet werden. Beispielsweise weisen dann drei der Lichtquellen eine geringe Farbsättigung und eine der Lichtquellen eine hohe Farbsättigung auf.

**[0037]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen die Farborte auf der gemeinsamen Isothermen oder Verlängerungsgeraden jeweils nicht auf der Planck-Kurve. Alternativ kann auch einer dieser Farborte auf der Planck-Kurve liegen.

**[0038]** Darüber hinaus wird ein Blitzlicht angegeben. Das Blitzlicht umfasst eines oder mehrere der optoelektronischen Halbleiterbauteile, wie in Verbindung mit einer oder mehreren der oben genannten Ausführungsformen angegeben. Merkmale des Blitzlichts sind daher auch für das optoelektronische Halbleiterbauteil offenbart und umgekehrt.

**[0039]** In mindestens einer Ausführungsform ist das Blitzlicht in einem tragbaren Telekommunikationsgerät eingebaut, beispielsweise in einem Mobiltelefon oder einem Tablet.

**[0040]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Blitzlicht einen Umgebungslichtsensor. Insbesondere ist über den Umgebungslichtsensor eine Farbtemperatur des Umgebungslichts feststellbar. Anhand des Umgebungslichtsensors ist es möglich, dass das von dem Blitzlicht emittierte Licht hinsichtlich der Farbtemperatur an das Umgebungslicht angepasst wird, beispielsweise mit einer Toleranz von höchstens 20 % oder 10 % oder 5 % der korrelierten Farbtemperatur des Umgebungslichts. Diese Anpassung kann manuell oder auch automatisch erfolgen.

**[0041]** Nachfolgend wird ein hier beschriebenes optoelektronisches Halbleiterbauteil unter Bezugnahme

auf die Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt, vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

**[0042]** Es zeigen:

**[0043]** Fig. 1 schematische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteilen,

**[0044]** Fig. 2 bis Fig. 7 schematische Darstellungen der spektralen Eigenschaften von Strahlung von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteilen,

**[0045]** Fig. 8 Isothermen in CIE-Diagrammen, und

**[0046]** Fig. 9 eine Tabelle mit Farborten von hier beschriebenen Ausführungsbeispielen.

**[0047]** In Fig. 1 sind mehrere Realisierungsmöglichkeiten eines optoelektronischen Halbleiterbauteils **1** gezeigt, das vier Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** aufweist. In den Figuren sind die Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** jeweils nur mit einem einzigen Halbleiterchip **10** versehen, bei dem es sich um einen Leuchtdiodenchip handeln kann. Abweichend hiervon kann jeder der Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** auch mehrere der optoelektronischen Halbleiterchips **10** aufweisen. Ebenso sind zur Vereinfachung der Darstellung die Halbleiterchips **10** und die Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** jeweils linear in einer Kette angeordnet dargestellt. Alternativ dazu können auch in Draufsicht gesehen matrixförmige Anordnungen gewählt werden. Ferner sind elektrische Anschlüsse, elektrische Verbindungsleitungen sowie eventuelle weitere elektronische Bauteile wie Strahlungssensoren oder Schutzvorrichtungen gegen Schäden vor elektrostatischen Entladungen sind in den Figuren jeweils nicht gezeichnet. Die Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** sind elektrisch unabhängig voneinander ansteuerbar, wobei eine Ansteuerelektronik nicht gezeichnet ist.

**[0048]** Gemäß Fig. 1A sind die Halbleiterchips **10** auf einem Träger **2** in einer Wanne, die reflektierend gestaltet sein kann, angeordnet. Jeder der Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** ist eine Leuchtstoffmischung **21**, **22**, **23**, **24** nachgeordnet. Dabei ist es möglich, dass mehrere Lichtquellen dieselbe Leuchtstoffmischung jeweils nur in unterschiedlichen Konzentrationen und/oder Mischungsverhältnissen aufweisen.

**[0049]** Gemäß Fig. 1B ist der Träger **2** mit einander gegenüberliegenden, ebenen Hauptseiten gestaltet. Die Halbleiterchips **10** sowie die Leuchtstoffmischungen **21**, **22**, **23**, **24** sind optional ringsum von einem

Verguss **3** umgeben. Der Verguss **3** ist bevorzugt reflektierend für die im Betrieb des Halbleiterbauteils **1** erzeugte Strahlung. Beispielsweise handelt es sich bei dem Verguss **3** um ein Silikonmaterial, dem reflektierende Partikel, etwa aus Titandioxid, beigegeben sind. Ein solcher Verguss **3** kann auch in allen anderen Ausführungsbeispielen vorhanden sein.

**[0050]** Ferner weist das Halbleiterbauteil **1**, wie in Fig. 1B gezeigt, eine weitere Schicht **25** auf. Die weitere Schicht **25** ist allen Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** gemeinsam nachgeordnet. Alternativ oder zusätzlich zu einer Leuchtstoffmischung kann die Schicht **25** auch Licht streuende Partikel aufweisen, um einen homogenen Farbeindruck zu gewährleisten. Ebenso ist es durch die Schicht **25** möglich, dass beispielsweise ein gelber Farbeindruck der Leuchtstoffmischungen **21**, **22**, **23**, **24** kaschiert wird hin zu einem im ausgeschalteten Zustand des Halbleiterbauteils **1** weißen Farbeindruck. Eine solche weitere Schicht **25** kann in allen anderen Ausführungsbeispielen vorhanden sein.

**[0051]** In Fig. 1C ist dargestellt, dass die Leuchtstoffmischungen **21**, **23**, **24** nicht als Plättchen ausgebildet sind, wie in den Fig. 1A und Fig. 1B, sondern als Vergusskörper. Dabei ist eine der Lichtquellen **12** frei von einer Leuchtstoffmischung. Beispielsweise emittiert die Lichtquelle **12** dann blaues oder blaugrünes Licht. Ebenso ist es möglich, dass bereits innerhalb des Halbleiterchips **10** der Lichtquelle **12** ein Konversionsmittel zu einer Wellenlängenumwandlung von beispielsweise blauem Licht monolithisch integriert ist.

**[0052]** Die Leuchtstoffmischung **21** ist kappenartig ausgebildet und umgibt den Halbleiterchip **10** der Lichtquelle **11** mit einer konstanten Schichtdicke. Die beiden Halbleiterchips **10** der Lichtquellen **13**, **14** sind von einer gemeinsamen Leuchtstoffmischung **23**, **24** umgeben. Der Halbleiterchip **10** der Lichtquelle **14** ist dabei von einer größeren Schichtdicke der Leuchtstoffmischung **23**, **24** umgeben.

**[0053]** Auf dem flachen Träger **2** des Halbleiterbauteils **1**, wie in Fig. 1C gezeigt, ist ein ringförmiger Körper **3** ausgebildet. Anstelle eines Vergusses kann der Körper **3** durch einen beispielsweise aufgeklebten Ring, etwa aus einem Silikon, geformt sein. Optional, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen, befindet sich innerhalb des Körpers **3** eine Optik **4**, die beispielsweise als Linse geformt ist. Die Optik **4** kann optional ein Streumittel, etwa Licht streuende Partikel, und/oder einen weiteren Leuchtstoff beinhalten.

**[0054]** Im Folgenden sind die spektralen Emissionseigenschaften einer Gesamtstrahlung, die von dem optoelektronischen Halbleiterbauteil **1** sowie von den Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** emittiert wird, schematisch

dargestellt. Die jeweiligen Emissionseigenschaften können mit allen in Verbindung mit **Fig. 1** gezeigten Halbleiterbauteilen **1** realisiert werden.

**[0055]** In den **Fig. 2** bis **Fig. 6** sind die verschiedenen Farborte der von den Lichtquellen **11**, **12**, **13**, **14** emittierten Strahlung mit den Buchstaben A, B, C, D bezeichnet. Die Planck-Kurve der CIE-Normfarbtafel ist mit P bezeichnet. Sind Spektren dargestellt, so ist eine Intensität S in willkürlichen Einheiten, kurz a.u., gegenüber einer Wellenlänge  $\lambda$  in nm aufgetragen. Die zu den Lichtquellen gehörigen Emissionsspektren sind, soweit gezeigt, mit dem zu den Farborten gehörigen Buchstaben A, B, C, D beschriftet.

**[0056]** Gemäß **Fig. 2A** liegen die Farborte A, B auf einer Verlängerungsgeraden E einer Isothermen I. Die Farborte A, B liegen auf unterschiedlichen Seiten der Planck-Kurve P. Daher ist eine  $c_y$ -Koordinate des Farborts A größer als die der Planck-Kurve P mit der entsprechenden Farbtemperatur, die wiederum größer ist als die  $c_y$ -Koordinate des Farborts B. Eine korrelierte Farbtemperatur zu den Farborten A, B liegt bevorzugt bei mindestens 5000 K und bei höchstens 20000 K.

**[0057]** Auch die beiden Farborte C, D liegen auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden E einer Isothermen I mit einer korrelierten Farbtemperatur im Bereich 2000 K bis 8000 K, bevorzugt im Bereich von 2300 K bis 5000 K und liegen auf unterschiedlichen Seiten der Planck-Kurve P. Ein Abstand der Farborte A, B zur Planck-Kurve P ist näherungsweise gleich. Der Abstand des Farborts D zur Planck-Kurve P ist kleiner als der des Farborts C, der die kleinere  $c_y$ -Koordinate aufweist. Somit ist durch die Farborte A, B, C, D ein Viereck aufgespannt, in CIE-xy-Darstellung.

**[0058]** Die Lichtquellen für die Farborte A, B, C, D werden bevorzugt von baugleichen Halbleiterchips mit einer Wellenlänge maximaler Intensität im Bereich von mindestens 380 nm bis höchstens 480 nm angeregt, wie auch in allen anderen Ausführungsbeispielen möglich. Abweichend hiervon können auch Halbleiterchips mit unterschiedlichen Wellenlängen maximaler Intensität Verwendung finden. Gemäß **Fig. 2B** liegt die Anregungswellenlänge bei zirka 445 nm.

**[0059]** Als Leuchtstoffe sind beispielsweise die in der Druckschrift EP 2 549 330 A1 angegebenen Leuchtstoffe einsetzbar. Hinsichtlich der verwendeten Leuchtstoffe wird der Offenbarungsgehalt dieser Druckschrift durch Rückbezug mit aufgenommen.

**[0060]** Der Farbort A kann beispielsweise durch einen Halbleiterchip, der im Bereich von 380 nm bis 480 nm (Peak-Wellenlängen oder Wellenlänge maximaler Intensität) emittiert, und einem oder mehreren Leuchtstoffen im zugehörigen Lichtweg erzeugt wer-

den. Hierfür wird bevorzugt ein Leuchtstoff der Formel  $Y_3(Al_{x-1}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$  verwendet oder auch eine Mischung von mehreren Leuchtstoffen der Formel  $Y_3(Al_{x-1}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$ . Die Dominanz-Wellenlänge dieses Leuchtstoffmaterials befindet sich insbesondere im Bereich von 572 nm bis 575 nm.

**[0061]** Der Farbort dieses Leuchtstoffmaterials (nicht eingezeichnet) liegt, bei einer Anregungswellenlänge von zirka 460 nm, bevorzugt im Bereich von  $c_x = 0,453$  bis  $0,469$  und  $c_y = 0,532$  bis  $0,520$ . Alternativ oder zusätzlich kann für den Farbort A auch ein Leuchtstoff der Formel  $(Lu_{y-1}Y_y)_3(Al_{x-1}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$  verwendet werden oder eine Mischung von mehreren solchen Leuchtstoffen. Die Dominanz-Wellenlänge eines solchen Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (bei einer Anregungswellenlänge von zirka 460 nm) im Bereich von 558 nm bis 562 nm. Der Farbort dieses Leuchtstoffmaterials (nicht eingezeichnet) liegt bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,356$  bis  $0,374$  und  $c_y = 0,561$  bis  $0,573$ . Diese Materialien können optional anteilig < 20% noch mit einem der nachfolgenden Leuchtstoffe gemischt werden:  $Eu^{2+}$ -dotierte Nitride, beispielsweise  $(Ca,Sr)AlSiN_3:Eu^{2+}$ ,  $Sr(Ca,Sr)Si_2Al_2N_6:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)AlSiN_3 \cdot Si_2N_2O:Eu^{2+}$ ,  $(Ca,Ba,Sr)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)[LiAl_3N_4]:Eu^{2+}$ . Die Dominanz-Wellenlänge des nitridischen Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 590 nm bis 615 nm, besonders bevorzugt im Bereich von 596 nm bis 604 nm. Der Farbort des nitridischen Leuchtstoffmaterials (nicht gezeichnet) liegt beispielsweise (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,608$  bis  $0,639$  und  $c_y = 0,360$  bis  $0,390$ .

**[0062]** Die Farborte B und C werden zum Beispiel durch einen Halbleiterchip, der im Bereich von 380 nm bis 480 nm (Peak-Wellenlängen) emittiert und dem ein oder mehrere Leuchtstoffe im Lichtweg nachgeordnet sind, erzeugt. Hierfür wird bevorzugt ein Leuchtstoff oder eine Mischung von Leuchtstoffen mit einer Dominanz-Wellenlänge im Bereich von 580 nm bis 650 nm verwendet. Diese Leuchtstoffe können zum Beispiel aus folgenden Materialsystemen ausgewählt sein:  $Eu^{2+}$ -dotierte Nitride, beispielsweise  $(Ca,Sr)AlSiN_3:Eu^{2+}$ ,  $Sr(Ca,Sr)Si_2Al_2N_6:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)AlSiN_3 \cdot Si_2N_2O:Eu^{2+}$ ,  $(Ca,Ba,Sr)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)[LiAl_3N_4]:Eu^{2+}$ . Bevorzugt werden diese Leuchtstoffe zusätzlich mit einem grünlichen und/oder gelben Leuchtstoff gemischt, zum Beispiel aus den folgenden Materialsystemen:  $Lu_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$ ,  $Y_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$ ,  $Eu^{2+}$ -dotierte Sulfide,  $(Ba,Sr,Ca)Si_2O_2N_2:Eu^{2+}$ ,  $SiAlONe$ , Nitrido-Orthosilikate wie  $AE_{2-x}RE_xEu_aSi_{1-y}O_{4-x-2y}N_x$  mit  $RE =$  Seltenerdmetall und  $AE =$  Erdalkalimetall, Orthosilikate wie  $(Ba,Sr,Ca)_2SiO_4:Eu^{2+}$ , Chlorosilikate wie  $Ca_8Mg(SiO_4)_4Cl_2:Eu^{2+}$ .

**[0063]** Der Farbort D kann beispielsweise durch einen Halbleiterchip, der im Bereich von 380 nm bis 480 nm (Peak-Wellenlängen) emittiert, zusammen mit einem oder mehreren Leuchtstoffen im Lichtweg, erzeugt werden. Hierfür wird etwa ein  $Y_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$  verwendet oder eine Mischung von mehreren solche Leuchtstoffen. Die Dominanz-Wellenlänge dieses Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 572 nm bis 575 nm. Der Farbort dieses Leuchtstoffmaterials (nicht gezeichnet) liegt bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,453$  bis  $0,469$  und  $c_y = 0,532$  bis  $0,520$ . Alternativ oder zusätzlich kann auch ein  $(Lu_{1-y}Y_y)_3(Al_{1-x}Ga_x)_5O_{12}:Ce^{3+}$  verwendet werden oder eine Mischung von mehreren solchen Leuchtstoffen. Die Dominanz-Wellenlänge des Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 558 nm bis 562 nm. Der Farbort des Leuchtstoffmaterials (nicht gezeichnet) liegt dann bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,356$  bis  $0,374$  und  $c_y = 0,561$  bis  $0,573$ . Diese Materialien werden zum Beispiel mit einem oder mehreren Leuchtstoffen dieser Materialklassen gemischt:  $Eu^{2+}$ -dotierte Nitride wie  $(Ca,Sr)AlSiN_3:Eu^{2+}$ ,  $Sr(Ca,Sr)Si_2Al_2N_6:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)AlSiN_3-Si_2N_2O:Eu^{2+}$ ,  $(Ca,Ba,Sr)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$ ,  $(Sr,Ca)[LiAl_3N_4]:Eu^{2+}$ . Die Dominanz-Wellenlänge des nitridischen Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 590 nm bis 615 nm oder 596 nm bis 604 nm. Der Farbort des nitridischen Leuchtstoffmaterials liegt beispielsweise (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,608$  bis  $0,639$  und  $c_y = 0,360$  bis  $0,390$ .

**[0064]** Die in den Figuren dargestellten Farborte A, B, C, D können jeweils mit einer Toleranz von höchstens 0,05 Einheiten oder 0,03 Einheiten hinsichtlich ihrer CIE-x-Koordinaten und CIE-y-Koordinaten in der CIE-xy-Darstellung verwendet werden, siehe auch die Tabelle in **Fig. 9**. Insofern ist die Eintragung der Farborte A, B, C, D in den CIE-xy-Diagrammen maßstäblich, insbesondere zusätzlich zu den zu den jeweiligen Figuren getroffenen Ausführungen zu den weiteren spektralen Eigenschaften.

**[0065]** Gemäß der **Fig. 3A** und **Fig. 3B** liegen die Farborte A, B, C von drei der Lichtquellen abseits der Planck-Kurve P und der Farbort D von einer der Lichtquellen liegt auf der Planck-Kurve P. Im Betrieb wird das Licht der einzelnen Lichtquellen gemischt, sodass das Halbleiterbauteil Mischstrahlung, zusammengesetzt aus Licht von den vier Lichtquellen, emittiert.

**[0066]** Der Farbort D liegt innerhalb eines Dreiecks, das durch die drei Farborte A, B, C aufgespannt ist, die abseits der Planck-Kurve P liegen. Es können beispielsweise entweder zwei Farborte bei einem kleineren  $c_y$  und ein Farbort bei einem größeren  $c_y$  als bei dem Farbort D auf der Planck-Kurve P gewählt werden. Alternativ können auch zwei Farborte bei einem größeren  $c_y$  als der Farbort D auf der Planck-Kurve P liegen. Ein Vorteil einer solchen Ausgestaltung der Farborte A, B, C, D liegt darin, dass auch beim Betrieb von nur einer Lichtquelle, insbesondere der mit dem Farbort D, ein Farbort der Gesamtstrahlung auf der Planck-Kurve P erreicht werden kann und somit einfach die Emission von weißem Licht betreibbar ist.

ren  $c_y$  und ein Farbort bei einem größeren  $c_y$  als bei dem Farbort D auf der Planck-Kurve P gewählt werden. Alternativ können auch zwei Farborte bei einem größeren  $c_y$  als der Farbort D auf der Planck-Kurve P liegen. Ein Vorteil einer solchen Ausgestaltung der Farborte A, B, C, D liegt darin, dass auch beim Betrieb von nur einer Lichtquelle, insbesondere der mit dem Farbort D, ein Farbort der Gesamtstrahlung auf der Planck-Kurve P erreicht werden kann und somit einfach die Emission von weißem Licht betreibbar ist.

**[0067]** Es können alle Farborte, insbesondere alle Farborte auf der Planck-Kurve P, innerhalb des durch die Farborte A, B, C aufgespannten Dreiecks erreicht werden. Der Farbort D auf der Planck-Kurve P liegt bevorzugt bei mindestens 2300 K oder 3000 K und/oder bei höchstens 6000 K oder 8500 K. Anders als dargestellt können die sich nicht auf der Planck-Kurve P liegenden Farborte A, B, D auch in Bereichen im CIE-xy-Diagramm befinden, die weiter von dem Farbort D entfernt liegen als gezeichnet. Im Prinzip sind die Farborte der Punkte A, B, C dann beliebig wählbar. Bevorzugt liegen in den Ausführungsbeispielen der **Fig. 3A** und **Fig. 3B** zwei der Farborte A, B, C, D auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden einer Isothermen oder auf einer gemeinsamen Isothermen.

**[0068]** In den Ausführungsbeispielen gemäß **Fig. 4** liegen drei der Farborte nicht auf der Planck-Kurve P, der vierte Farbort liegt auf der Planck-Kurve P. Im Betrieb wird das Licht der einzelnen Lichtquellen des Halbleiterbauteils miteinander gemischt. Gemäß der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** liegen zwei der Farborte oberhalb der Planck-Kurve P, also bei größeren  $c_y$ -Werten, und einer der Farborte liegt unterhalb der Planck-Kurve P.

**[0069]** Es können auch zwei der Farborte bei einem kleineren  $c_y$  und ein Farbort bei einem größeren  $c_y$  als der Farbort D auf der Planck-Kurve P liegen, anders als in den **Fig. 4A** und **Fig. 4B** gezeigt. Ebenso, anders als dargestellt, können auch alle drei Farborte, die nicht auf der Planck-Kurve P liegen, oberhalb oder auch unterhalb der Planck-Kurve P liegen. Ein Vorteil der Ausführungsbeispiele gemäß der **Fig. 4A** und **Fig. 4B** ist, dass bereits beim Betrieb von nur einer Lichtquelle ein Farbort auf der Planck-Kurve P erreicht werden kann.

**[0070]** Im gemeinsamen Betrieb können alle Farborte innerhalb des durch die vier Farborte aufgespannten Vierecks erreicht werden. Der Farbort auf der Planck-Kurve P liegt bevorzugt bei mindestens 2300 K oder 3000 K und/oder bei höchstens 6000 K oder 8500 K.

**[0071]** Typische  $c_x$ - $c_y$ -Koordinaten der einzelnen Farborte sind beispielsweise: Farbort A: 0,322/0,336; Farbort B: 0,55/0,24; Farbort C: 0,45/0,47; Farbort D: 0,50/0,35. Unter typisch versteht man hier beispielsweise

weise eine Abweichung  $\pm$  kleiner als 0,05 oder 0,03 oder 0,01. Farbort A kann beispielsweise als Kombination eines blauen Licht emittierenden Halbleiterchips mit einer Leuchtstoffmischung realisiert werden, wobei die Leuchtstoffmischung bezüglich der Wellenlängenumwandlung bevorzugt mit mehr als 90 % auf einem  $(\text{Lu},\text{Y})_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ -Material oder eine Mischung von mehreren solcher Materialien basiert.

**[0072]** Die Farborte B, C, D werden bevorzugt durch eine Mischung von einem oder mehreren Leuchtstoffen mit einer Dominanz-Wellenlänge im Bereich von 580 nm bis 650 nm realisiert. Solche Leuchtstoffe können etwa aus folgenden Materialsystemen ausgewählt sein:  $\text{Eu}^{2+}$ -dotierte Nitride wie  $(\text{Ca},\text{Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}(\text{Ca},\text{Sr})\text{Si}_2\text{Al}_2\text{N}_6:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Sr},\text{Ca})\text{AlSiN}_3\cdot\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Ca},\text{Ba},\text{Sr})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Sr},\text{Ca})[\text{LiAl}_3\text{N}_4]:\text{Eu}^{2+}$ . Die Dominanz-Wellenlänge des nitridischen Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 590 nm bis 615 nm, besonders bevorzugt im Bereich von 596 nm bis 604 nm. Der Farbort des nitridischen Leuchtstoffmaterials (nicht gezeichnet) liegt beispielsweise (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,608$  bis  $0,639$  und  $c_y = 0,360$  bis  $0,390$ . Bevorzugt werden diese Leuchtstoffe zusätzlich mit einem grünlichen und oder gelben Leuchtstoff gemischt, die zum Beispiel aus den folgenden Materialsystemen ausgewählt sind:  $(\text{Lu}_{1-y},\text{Y}_y)_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ . Die Dominanz-Wellenlänge dieses Leuchtstoffmaterials befindet sich bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von 572 nm bis 575 nm. Der Farbort dieses Leuchtstoffmaterials (nicht gezeichnet) liegt bevorzugt (Anregungswellenlänge = 460 nm) im Bereich von  $c_x = 0,453$  bis  $0,469$  und  $c_y = 0,532$  bis  $0,520$ .

**[0073]** In Fig. 4C sind die Emissionsspektren der Lichtquellen zu den Farborten A, B, C, D aus Fig. 4A gezeigt.

**[0074]** In den Ausführungsbeispielen der Fig. 5 besitzen zwei von vier Lichtquellen innerhalb des Halbleiterbauteils einen Farbort verschieden von der Planck-Kurve P. Im Betrieb wird das Licht der einzelnen Lichtquellen miteinander gemischt.

**[0075]** Es liegt beispielsweise ein Farbort bei einem kleineren  $c_y$  und ein Farbort bei einem größeren  $c_y$  als einer oder beide Lichtquellen mit dem Farbort auf der Planck-Kurve P. Beide Farborte A, B, die auf der Verlängerungsgeraden liegen, können dabei eine  $c_x$ -Koordinate zwischen den beiden Farborten auf der Planck-Kurve P aufweisen, siehe Fig. 5A. Ebenso können beide Farborte A, B, die auf der Verlängerungsgeraden liegen, ein kleineres  $c_x$ , siehe Fig. 5B, aufweisen. Oder es können die nicht auf der Planck-Kurve P liegenden Farborte A, C auch ein größeres  $c_x$ , siehe Fig. 5C, aufweisen. In Fig. 5C liegen die

beiden Farborte A, C auf der Verlängerungsgeraden, wobei der Farbort C auch auf der Planck-Kurve P liegt.

**[0076]** Ein Vorteil der Ausführungsbeispiele der Fig. 5 ist, dass bereits beim Betrieb von nur einer der Lichtquellen zwei unterschiedliche Farborte auf der Planck-Kurve P erreicht werden können. Die beiden unterhalb und/oder oberhalb der Planck-Kurve P angeordneten Farborte können dann zu einer Feinabstimmung eines bestimmten Farborts aus der Mischung der beiden Lichtquellen mit einem Farbort auf der Planck-Kurve P genutzt werden. Im gemeinsamen Betrieb können alle Farborte innerhalb des aufgespannten Vierecks oder Dreiecks erreicht werden. Die Farborte auf der Planck-Kurve P liegen bevorzugt bei mindestens 2000 K und höchstens 30000 K oder 8500 K. Beispielsweise kann einer dieser Farborte in einem Bereich von 8500 K bis einschließlich 5000 K liegen und der andere dieser Farborte im Bereich von kleiner 5000 K bis 2000 K.

**[0077]** Bevorzugt liegen in den Ausführungsbeispielen der Fig. 4A, Fig. 4B und Fig. 5B die zwei bezüglich ihrer CIE-x-Koordinate mittleren Farborte A, B auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden einer Isothermen oder auf einer gemeinsamen Isothermen. Entsprechendes gilt bevorzugt auch für die Farborte A, B mit den kleinsten CIE-x-Koordinaten in Fig. 5B. Gemäß Fig. 5C liegen bevorzugt die zwei bezüglich ihrer CIE-x-Koordinate mittleren Farborte A, C oder die beiden Farborte A, B mit der größten CIE-x-Koordinate auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden einer Isothermen oder auf einer gemeinsamen Isothermen.

**[0078]** Das Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 6A gezeigt, ist analog zum Ausführungsbeispiel der Fig. 4A. Jedoch ist der Farbort C mit einem Halbleiterchip mit einer Dominanz-Wellenlänge von 410 nm realisiert. Dies hat den Vorteil, dass durch das ausgesendete, kurzwellige Licht weiße Oberflächen brillanter erscheinen und von einem menschlichen Betrachter sowie in Kameraaufnahmen als reduziert gelbstichig erscheinen. Ursache dafür ist die Anregung von kurzwellig, also insbesondere im Spektralbereich von 380 nm bis 550 nm lumineszierenden Molekülen und Atomen in weißen Oberflächenmaterialien. Ebenso können  $\text{Eu}^{2+}$ -basierte Leuchtstoffe bei diesen Wellenlängen effizient angeregt werden.

**[0079]** Als Leuchtstoffmaterial kann alternativ oder zusätzlich zu den unter Fig. 4 erwähnten Materialien bei kurzwelliger Anregung vorteilhaft eine Mischung aus  $\text{Eu}^{2+}$ -dotierten Nitriden wie  $(\text{Ca},\text{Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$ ,  $\text{Sr}(\text{Ca},\text{Sr})\text{Si}_2\text{Al}_2\text{N}_6:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Sr},\text{Ca})\text{AlSiN}_3\cdot\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Ca},\text{Ba},\text{Sr})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$ ,  $(\text{Sr},\text{Ca})[\text{LiAl}_3\text{N}_4]:\text{Eu}^{2+}$  mit  $\text{Eu}^{2+}$ -dotierte(n) Leuchtstoffe(n) aus der Klasse der Sulfide, der  $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Ca})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$ , der  $\text{SiAlONe}$ , der Nitrido-Orthosilikate

wie  $AE_{2-x-a}RE_xEu_aSi_{1-y}O_{4-x-2y}N_x$  mit RE = Seltenerdmetall und AE = Erdalkalimetall, der Orthosilikate wie  $(Ba,Sr,Ca)_2SiO_4:Eu^{2+}$ , der Chlorosilikate wie  $Ca_8Mg(SiO_4)_4Cl_2:Eu^{2+}$  und/oder der Chlorophosphate verwendet werden.

**[0080]** Die zugehörigen Emissionsspektren der Lichtquellen für die Farborte A, B, C, D sind in **Fig. 6B** gezeigt. Es können in **Fig. 6A** die zwei bezüglich ihrer CIE-x-Koordinate mittleren Farborte B, D oder die beiden Farborte C, D mit der größten CIE-x-Koordinate auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden einer Isothermen oder auf einer gemeinsamen Isothermen liegen.

**[0081]** Im Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 7**, siehe die Emissionsspektren von einer der Lichtquellen in den **Fig. 7A** und **Fig. 7B**, besitzen drei von vier Lichtquellen innerhalb des Halbleiterbauteils einen Farbort nicht auf der Planck-Kurve P. Das zur **Fig. 7A** gehörige CIE-Diagramm ist in **Fig. 7C** dargestellt und das zur **Fig. 7B** gehörige CIE-Diagramm in **Fig. 7D**. Im Betrieb wird das Licht der einzelnen Lichtquellen miteinander gemischt. Eine der Lichtquellen, siehe die **Fig. 7A** und **Fig. 7B**, emittiert dabei sichtbares und infrarotes Licht. Das infrarote Licht kann entweder durch Konversion ausgehend von einem Halbleiterchip, der im Betrieb im Bereich von 380 nm bis 700 nm (Peak-Wellenlänge) emittiert und anschließend durch einen Leuchtstoff zu infrarotem Licht umgewandelt wird, erzeugt werden. Gemäß **Fig. 7A** emittiert der zugehörige Halbleiterchip blaues Licht und gemäß **Fig. 7B** rotes Licht, wobei die Infrarot-Leuchtstoffmischung ein Emissionsmaximum um 850 nm aufweist. Alternativ kann das infrarote Licht direkt in dem Halbleiterchip der Lichtquelle erzeugt werden oder es ist eine weitere Lichtquelle für infrarotes Licht vorhanden.

**[0082]** Es können beispielsweise entweder zwei Farborte bei einem kleineren  $c_y$  und ein Farbort bei einem größeren  $c_y$  als die Planck-Kurve P gewählt werden oder auch zwei Farborte bei einem größeren  $c_y$  als die Planck-Kurve P. Im gemeinsamen Betrieb können alle Farborte innerhalb des aufgespannten Dreiecks oder Vierecks erreicht werden. Ein Vorteil an diesem Ausführungsbeispiel ist, dass infrarotes Licht bei einer Fotografie nach dem Aussenden von Objekten reflektiert werden kann und von einem Detektor wie einem Kameramodul wieder detektiert werden kann, wodurch sich Informationen bezüglich einer dreidimensionalen Anordnung der fotografierten Objekte erhalten lassen.

**[0083]** Es können in **Fig. 7C** die zwei bezüglich ihrer CIE-x-Koordinate mittleren Farborte A, C oder die beiden Farborte C, D mit der größten CIE-x-Koordinate auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden einer Isothermen oder auf einer gemeinsamen Isothermen liegen. Entsprechendes kann für die beiden

Farborte A, B oder für die beiden Farborte B, D in **Fig. 7D** gelten.

**[0084]** In **Fig. 8** sind Isothermen in CIE-Diagrammen gezeigt, in **Fig. 8A** in CIE-xy-Darstellung und in **Fig. 8B** in CIE-uv-Darstellung. Gezeigt sind dabei die Isothermen von 2500 K bis 6500 K in Schritten von 500 K und die Isotherme bei 10000 K. Die CIE-Diagramme sind eineindeutig ineinander umrechenbar.

**[0085]** Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

#### Bezugszeichenliste

1	optoelektronisches Halbleiterbauteil
2	Träger
3	Verguss
4	Optik
10	optoelektronischer Halbleiterchip
11, 12, 13, 14	Lichtquellen
21, 22, 23, 24, 25	Leuchtstoffmischung
A, B, C, D	Farborte in der CIE-Normfarbtafel
CCT	korrelierte Farbtemperatur
E	Verlängerungsgerade einer Isothermen
I	Isotherme
P	Planck-Kurve in der CIE-Normfarbtafel
S	Intensität in willkürliche Einheiten
u, v, x, y	Koordinaten in der CIE-Normfarbtafel
$\lambda$	Wellenlänge in nm

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- US 2003/0095138 A1 [0006]
- EP 2549330 A1 [0059]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Y. Ohno, „Calculation of CCT and Duv and practical conversion formula“, CORM-Konferenz 2011, Gaversburg, Maryland, USA, 03.–05. Mai 2011 [0006]
- Ohno, Seite 5 [0007]
- M. Wood, „MacAdam Ellipses“, ESTA Protocol Magazine, Herbst 2010, Seiten 15 bis 18 [0008]

## Patentansprüche

1. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) mit mindestens vier verschiedenen Lichtquellen (11) mit je mindestens einem optoelektronischen Halbleiterchip (10), die im Betrieb Strahlung mit voneinander verschiedenen Farborten (A, B, C, D) in der CIE-Normfarbtafel emittieren, wobei das Halbleiterbauteil (1) dazu eingerichtet ist, im Betrieb weißes oder farbiges Licht mit einer veränderbaren korrelierten Farbtemperatur zu emittieren.

2. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem bei zumindest drei der Lichtquellen (11, 12, 13, 14) der Halbleiterchip (10) blaues Licht emittiert, wobei den Halbleiterchips (10) der vier Lichtquellen (11, 12, 13, 14) jeweils eine Leuchtstoffmischung (21, 22, 23, 24) mit mindestens einem Leuchtstoff nachgeordnet ist und die Leuchtstoffmischung je nur zu einer Teilkonversion einer von dem zugehörigen Halbleiterchip (10) emittierten Strahlung eingerichtet ist, wobei zumindest zwei der Farborte (A, B, C, D) in der CIE-Normfarbtafel auf einer gemeinsamen Isothermen (I) oder auf einer gemeinsamen Verlängerungsgeraden (E), die eine Isotherme (I) verlängert, liegen, mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse, und wobei das Halbleiterbauteil (1) weißes Licht emittiert.

3. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die beiden Farborte (A, B, C, D), die sich auf der Isothermen (I) oder der Verlängerungsgeraden (E) befinden, auf verschiedenen Seiten der Planck-Kurve (P) der CIE-xy-Normfarbtafel befinden.

4. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die vier Farborte (A, B, C, D) paarweise auf Isothermen (I) oder Verlängerungsgeraden (E) liegen, mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse.

5. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die beiden Farborte (A, B, C, D), die sich auf der Isothermen (I) oder der Verlängerungsgeraden (E) befinden, gleich weit von der Planck-Kurve (P) entfernt liegen, mit einer Toleranz von höchstens einer Drei-Schritte-MacAdam-Ellipse.

6. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem mindestens drei der Farborte (A, B, C, D) einen Abstand zur Planck-Kurve (P) von höchstens 0,04 Einheiten in der CIE-Normfarbtafel aufweisen.

7. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem zwei der Farborte (A, B, C, D) auf der Planck-Kurve (P) liegen, mit einer Toleranz von höchstens 0,015 Einheiten in der CIE-xy-Normfarbtafel, und ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) oberhalb und noch ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) unterhalb der Planck-Kurve (P) in der CIE-xy-Normfarbtafel liegen und die beiden letztgenannten Farborte (A, B, C, D) einen Abstand zur Planck-Kurve (P) von mindestens 0,05 Einheiten aufweisen, wobei die beiden nicht auf der Planck-Kurve (P) liegenden Farborte (A, B, C, D) bezüglich ihrer CIE-x-Koordinate zwischen den beiden Farborten (A, B, C, D) auf der Planck-Kurve (P) liegen.

8. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die beiden nicht auf der Planck-Kurve (P) liegenden Farborte (A, B, C, D) um mindestens 0,04 Einheiten näher an dem Farbort (A, B, C, D) mit der größten CIE-x-Koordinate liegen als an dem Farbort (A, B, C, D) mit der kleinsten CIE-x-Koordinate.

9. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die beiden Farborte (A, B, C, D) mit den größten CIE-x-Koordinaten auf der Planck-Kurve (P) liegen, mit einer Toleranz von höchstens 0,015 Einheiten in der CIE-Normfarbtafel, wobei ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) oberhalb und noch ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) unterhalb der Planck-Kurve (P) in der CIE-xy-Normfarbtafel liegen und die beiden letztgenannten Farborte (A, B, C, D) einen Abstand zur Planck-Kurve (P) von mindestens 0,05 Einheiten aufweisen und außerdem kleinere CIE-x-Koordinaten aufweisen als die beiden Farborte (A, B, C, D) auf der Planck-Kurve (P).

10. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die beiden Farborte (A, B, C, D) mit den kleinsten CIE-x-Koordinaten auf der Planck-Kurve (P) liegen, mit einer Toleranz von höchstens 0,015 Einheiten in der CIE-Normfarbtafel, wobei ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) oberhalb und noch ein weiterer der Farborte (A, B, C, D) unterhalb der Planck-Kurve (P) in der CIE-xy-Normfarbtafel liegen und die beiden letztgenannten Farborte (A, B, C, D) einen Abstand zur Planck-Kurve (P) von mindestens 0,05 Einheiten aufweisen und außerdem größere CIE-x-Koordinaten aufweisen als die beiden Farborte (A, B, C, D) auf der Planck-Kurve (P).

11. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem  
– ein erster der Farborte eine CIE-x-Koordinate zwischen einschließlich 0,20 und 0,30 und eine CIE-y-Koordinate zwischen einschließlich 0,15 und 0,40 aufweist,

- ein zweiter der Farborte eine CIE-x-Koordinate von mindestens 0,45 und eine CIE-y-Koordinate zwischen einschließlich 0,25 und 0,38 aufweist,
- ein dritter der Farborte eine CIE-y-Koordinate von mindestens 0,40 und von höchstens 0,50 aufweist, wobei eine CIE-x-Koordinate des dritten Farborts zwischen den CIE-x-Koordinaten des ersten und des zweiten Farborts liegt, und
- ein vierter der Farborte eine CIE-x-Koordinate aufweist, die um höchstens 0,05 von der CIE-x-Koordinate des dritten Farborts abweicht, wobei eine CIE-y-Koordinate des vierten Farborts um mindestens 0,04 kleiner ist als die CIE-y-Koordinate des dritten Farborts.

12. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zumindest drei der Lichtquellen (11, 12, 13, 14) unabhängig voneinander elektrisch ansteuerbar sind, wobei die beiden Lichtquellen (11, 12, 13, 14) mit den auf der Isothermen (I) oder der Verlängerungsgeraden (E) liegenden Farborten (A, B, C, D) so verschaltet sind, dass sie je mit mindestens 75 % einer Maximalleistung betrieben werden, und wobei das von dem Halbleiterbauteil (1) im Betrieb emittierte Weißlichtspektrum im Spektralbereich zwischen 480 nm und 700 nm genau ein Intensitätsmaximum aufzeigt.

13. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Halbleiterchip (1) von genau einer der Lichtquellen (11, 12, 13, 14) im Betrieb nahinfrarote Strahlung emittiert und diese Lichtquelle einen Leuchtstoff zur Umwandlung der nahinfraroten Strahlung in sichtbares Licht aufweist, wobei mindestens 50 % der Strahlungsleistung dieser Lichtquelle, gemessen in W, bei Wellenlängen von mindestens 730 nm liegt.

14. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem der Halbleiterchip (1) einer der Lichtquellen (11, 12, 13, 14) im Betrieb blaues oder rotes Licht emittiert und diese Lichtquelle einen Leuchtstoff zur Umwandlung eines Teils des roten oder blauen Lichts in nahinfrarote Strahlung aufweist, wobei das von dem Leuchtstoff erzeugte Strahlungsspektrum ein Intensitätsmaximum zwischen einschließlich 750 nm und 900 nm aufweist.

15. Blitzlicht, das in einem tragbaren Telekommunikationsgerät eingebaut ist, und das ein optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche aufweist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

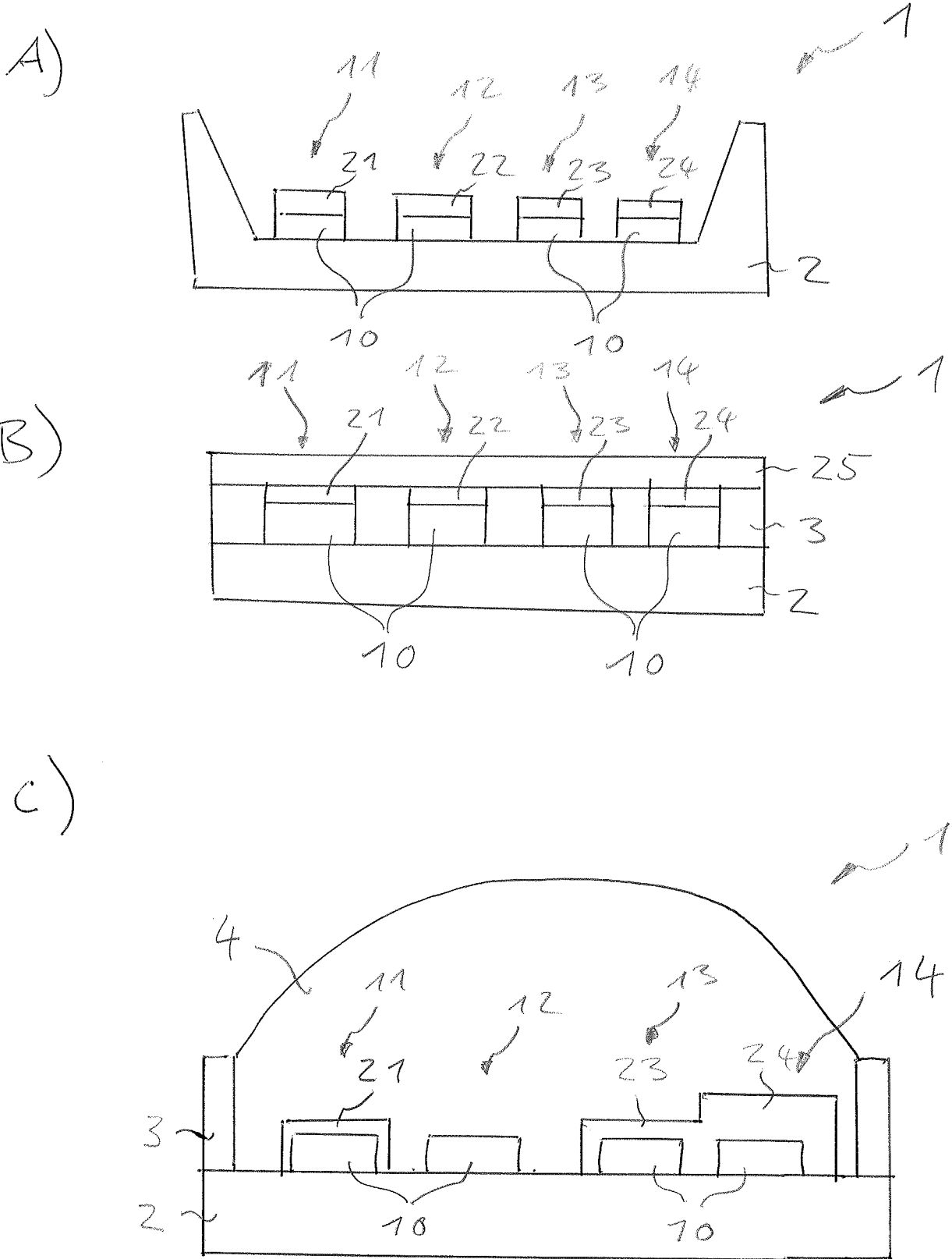


FIG 2

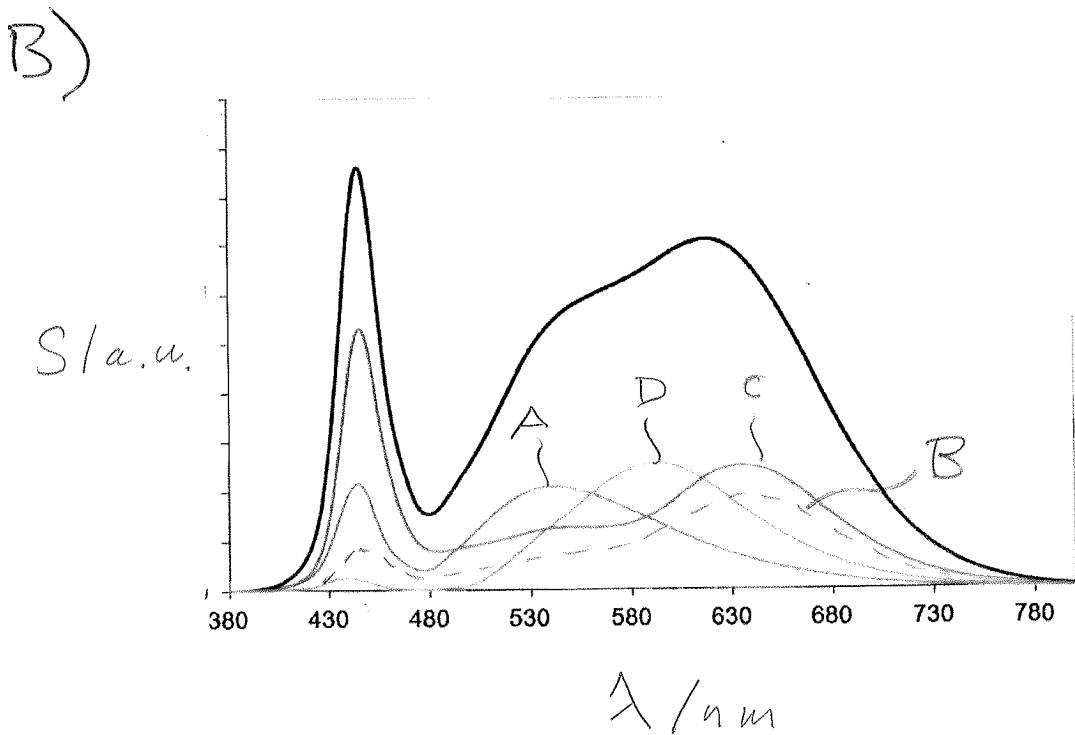
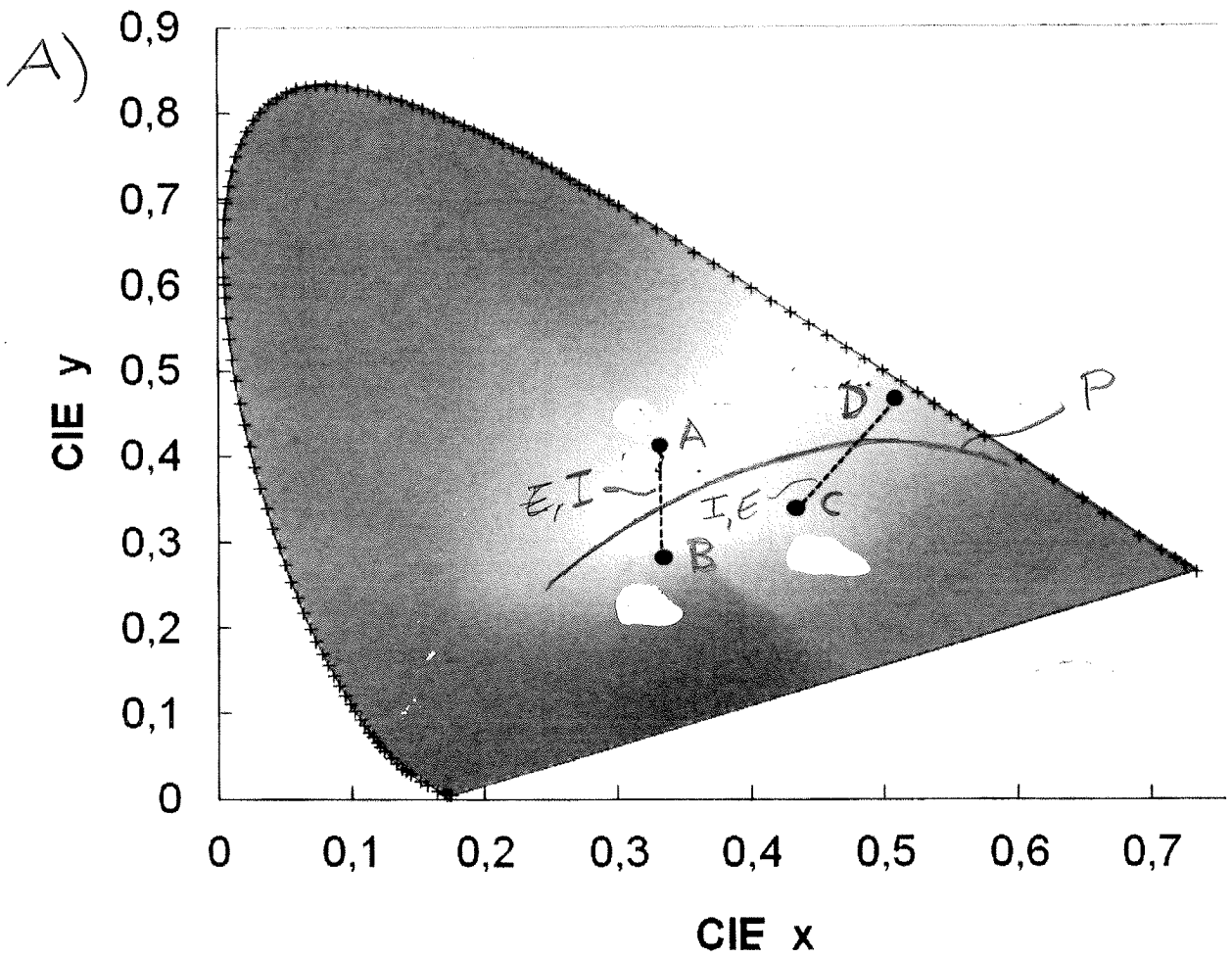


FIG 3A

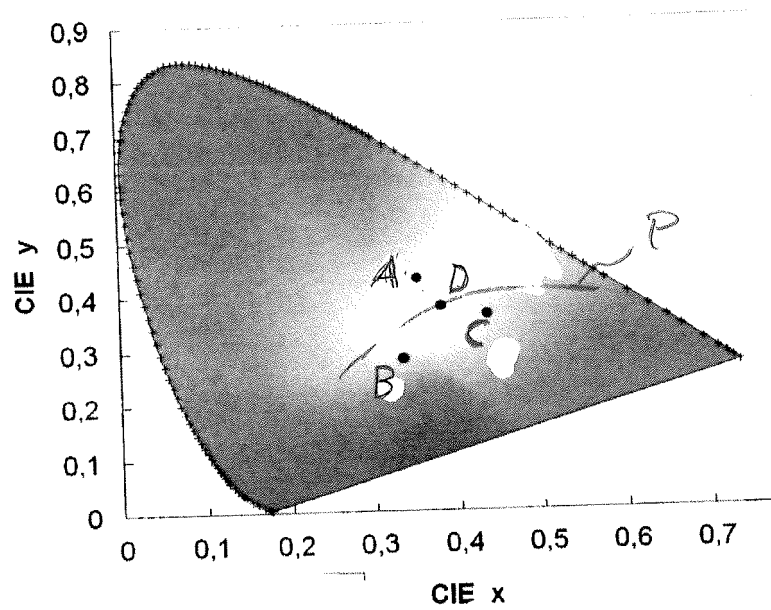


FIG 3B

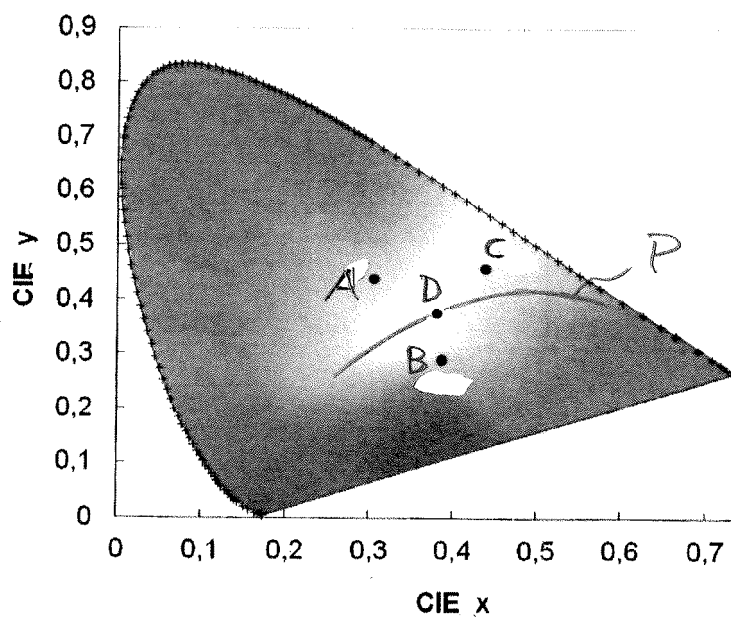


FIG 4 A

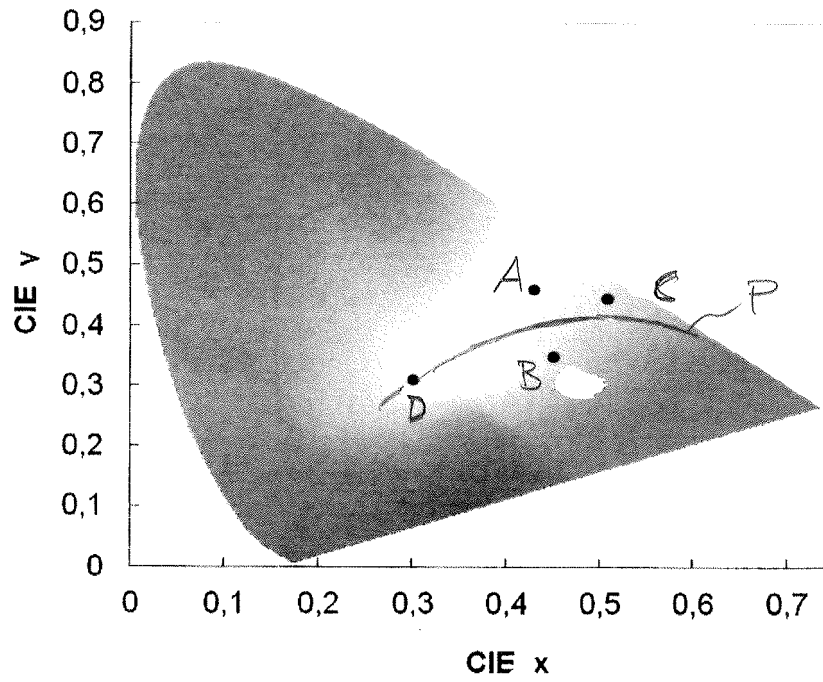


FIG 4 B

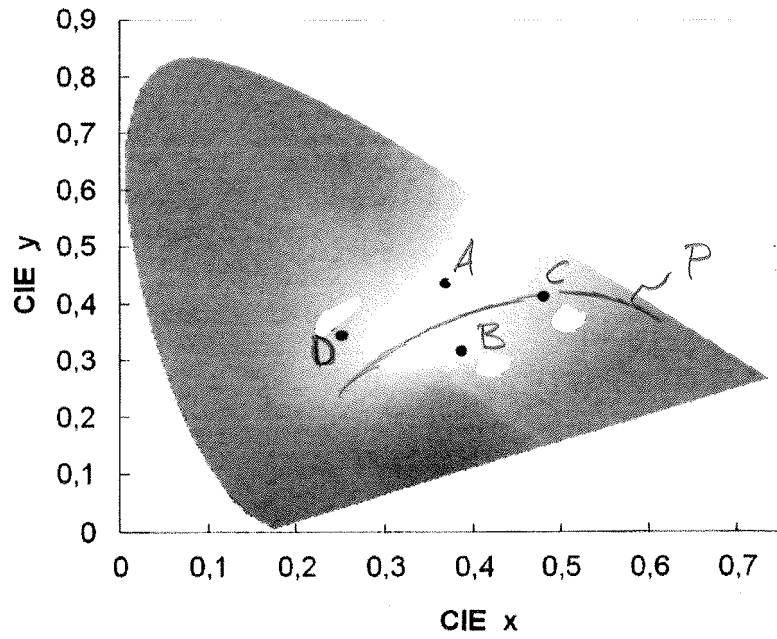


FIG 4C

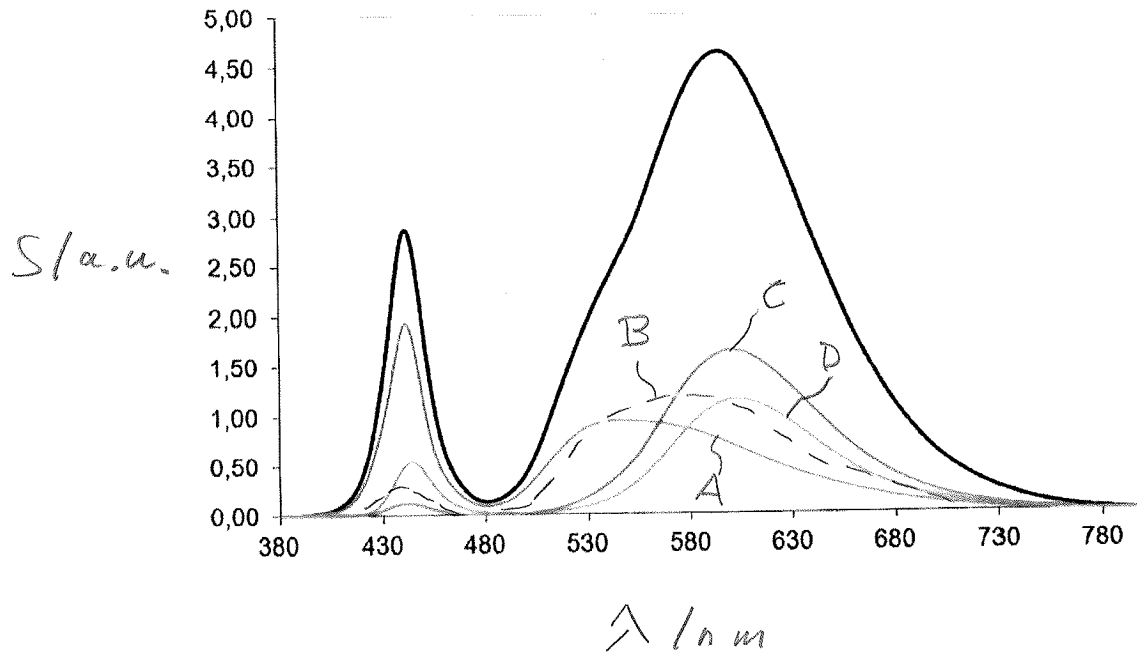


FIG 5A

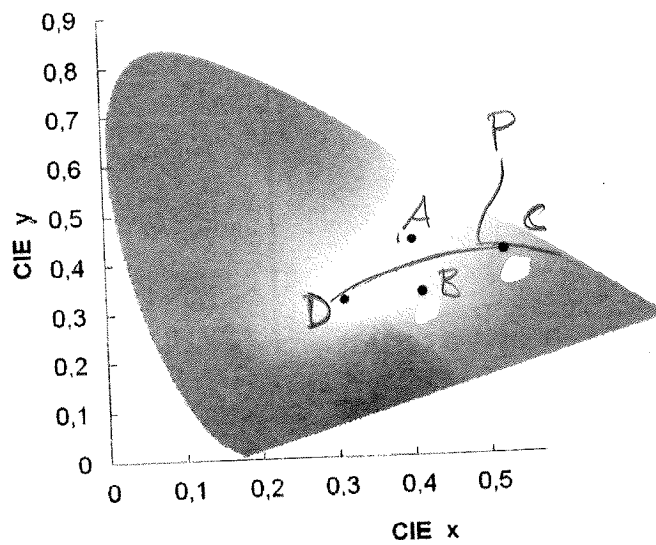


FIG 5B

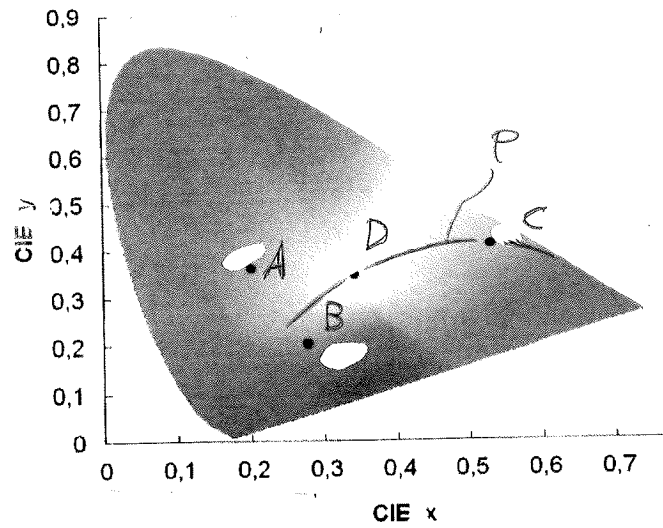


FIG 5C

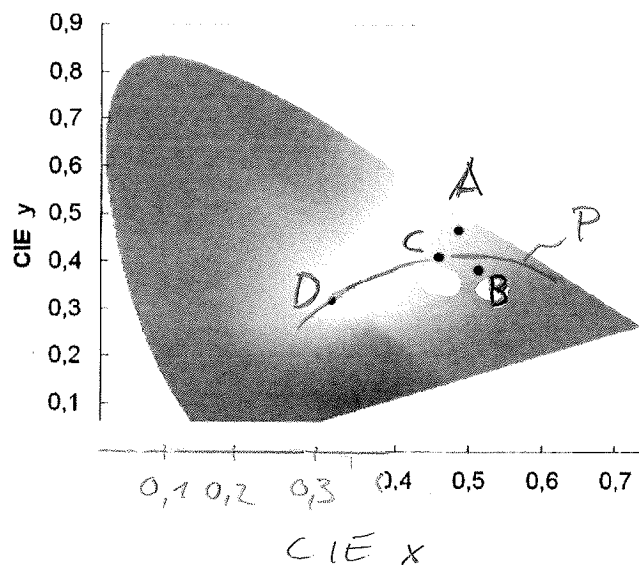


FIG 6A

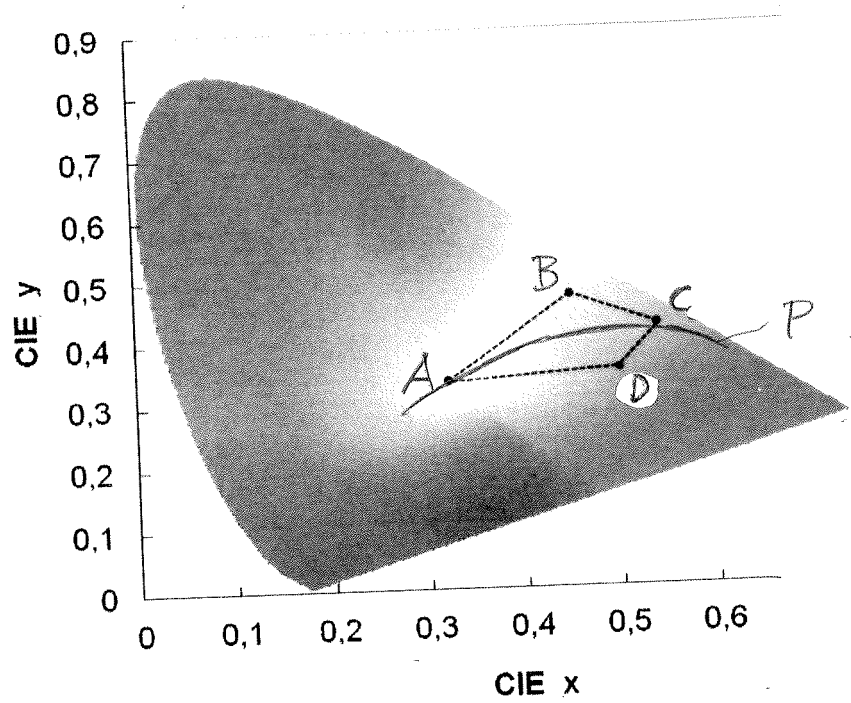


FIG 6B

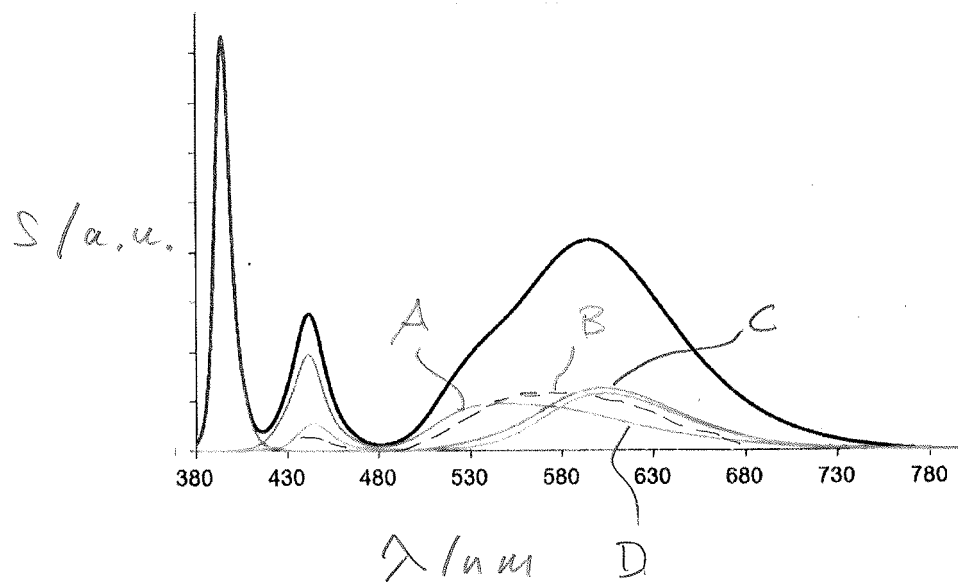


FIG 7A

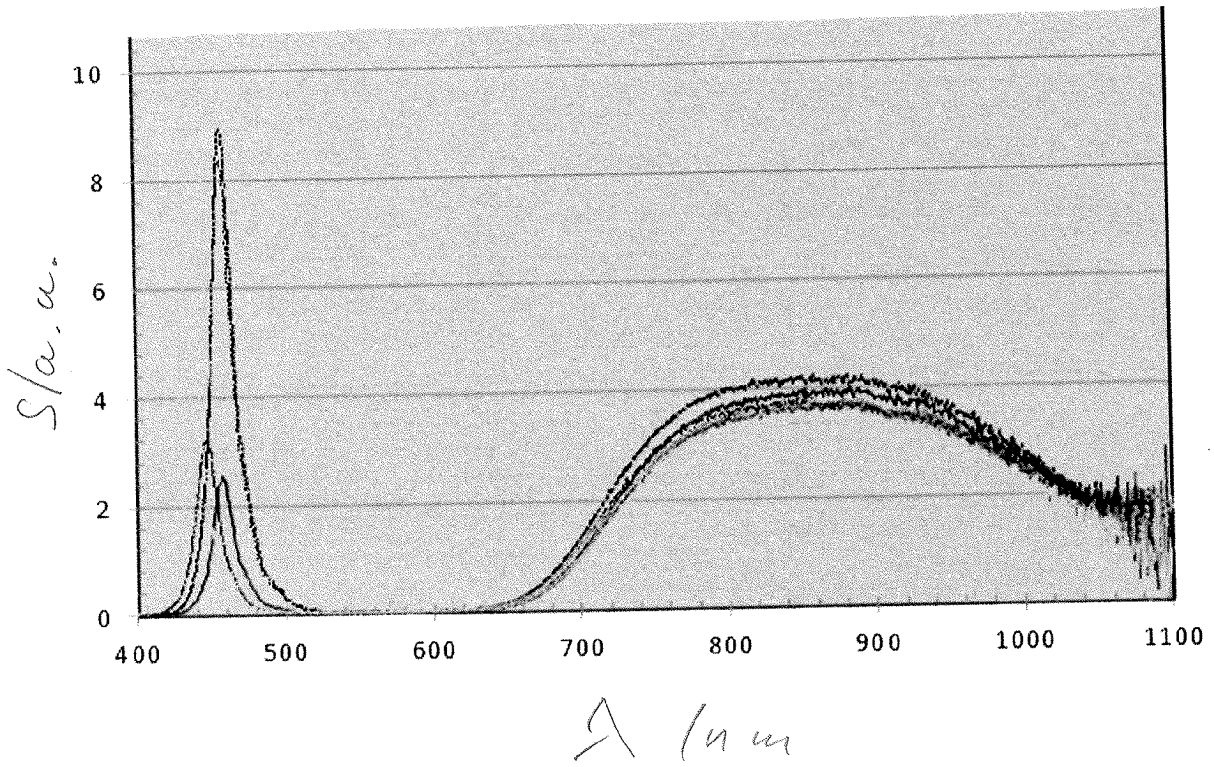


FIG 7B

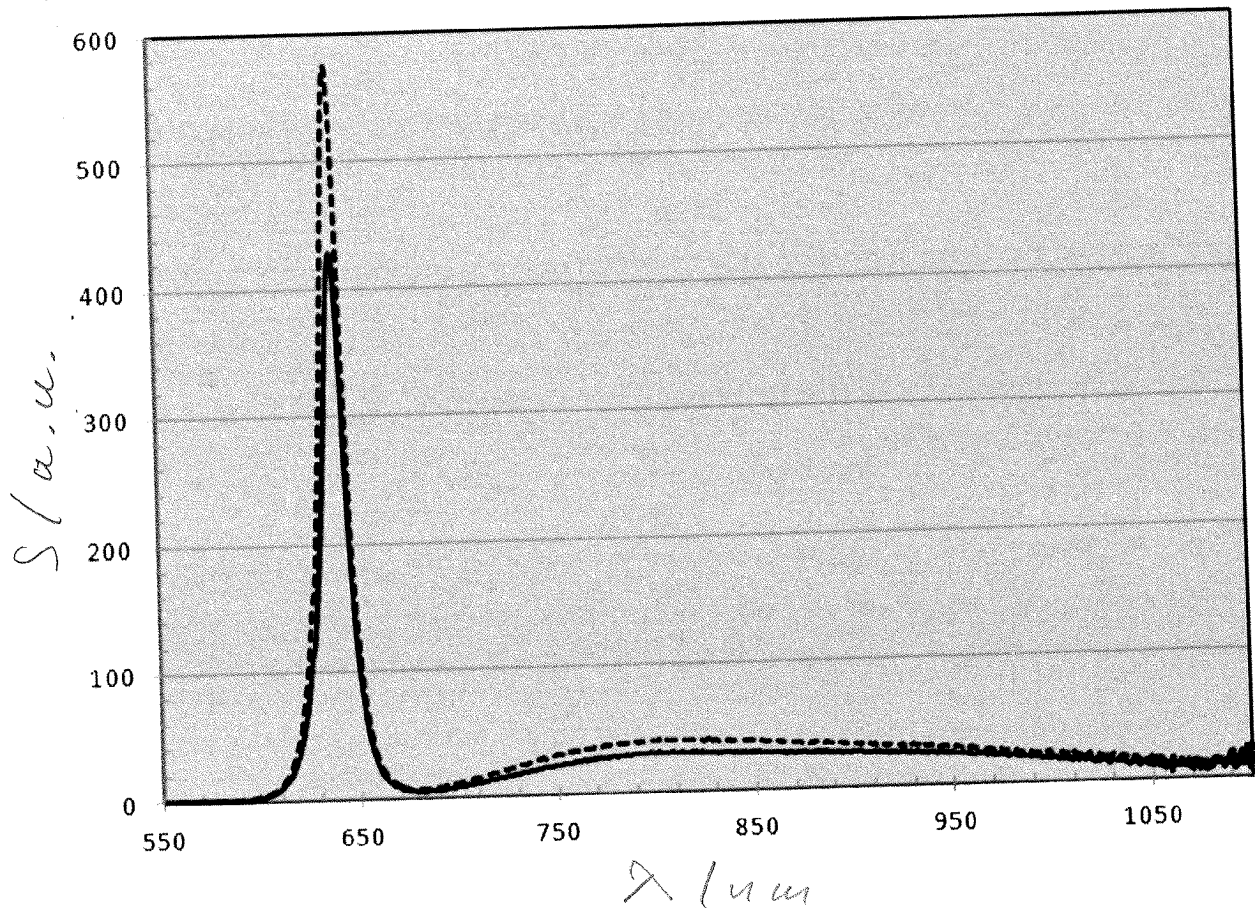


FIG 7C

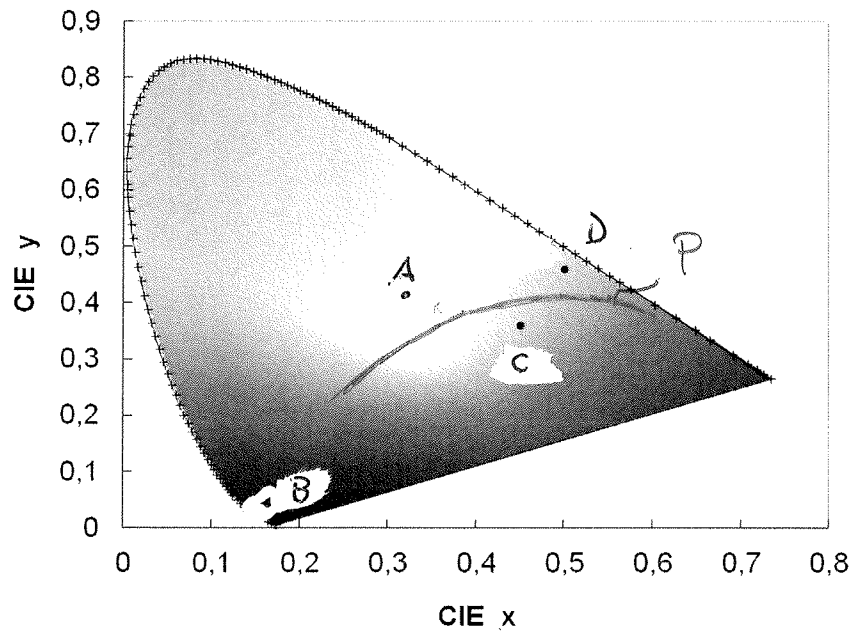


FIG 7D

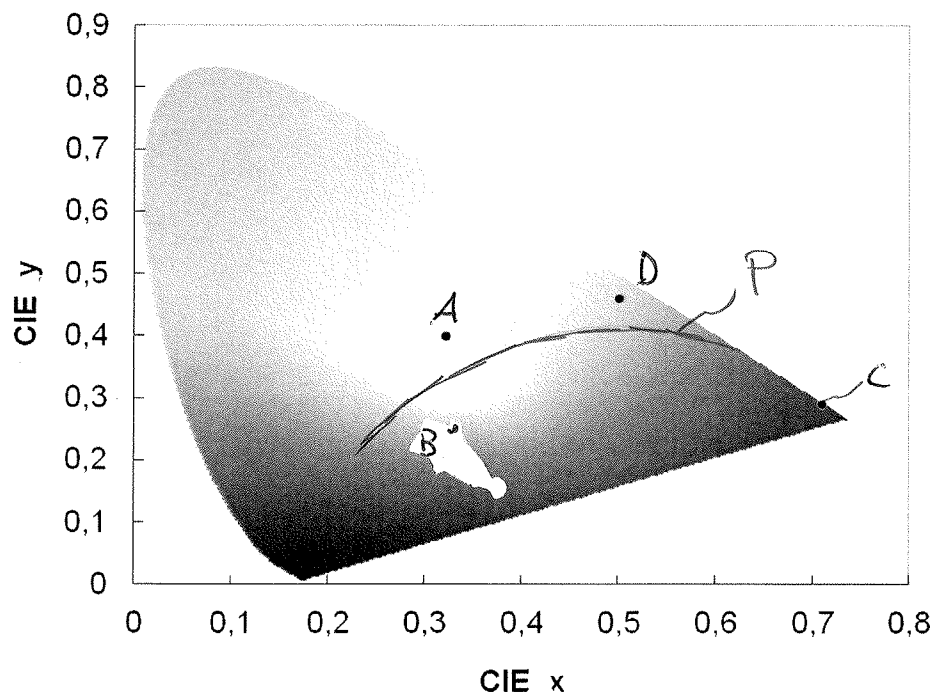


FIG 8A

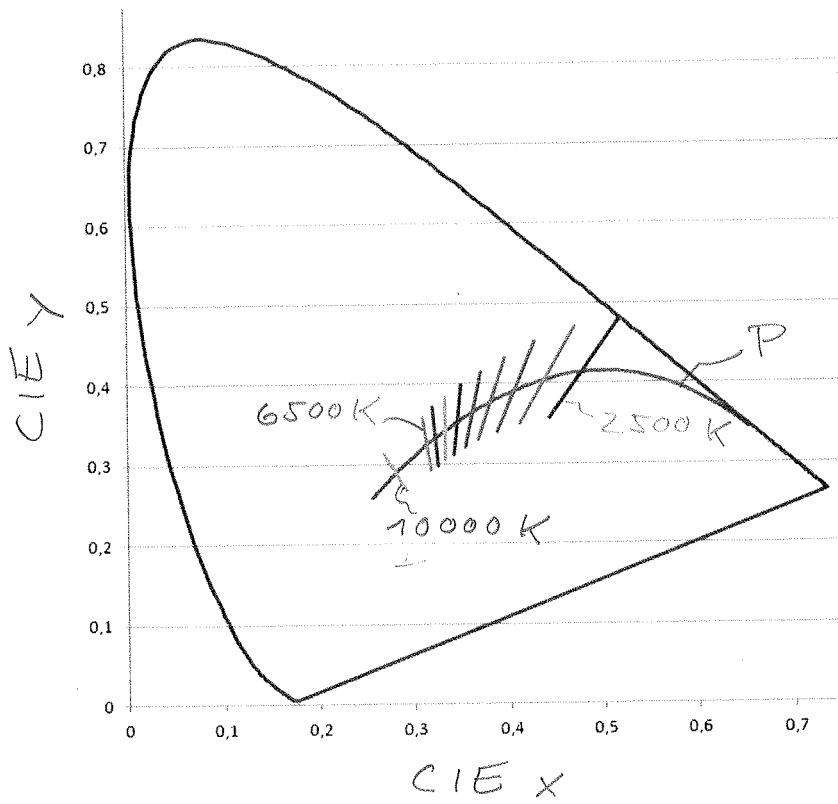


FIG 8B

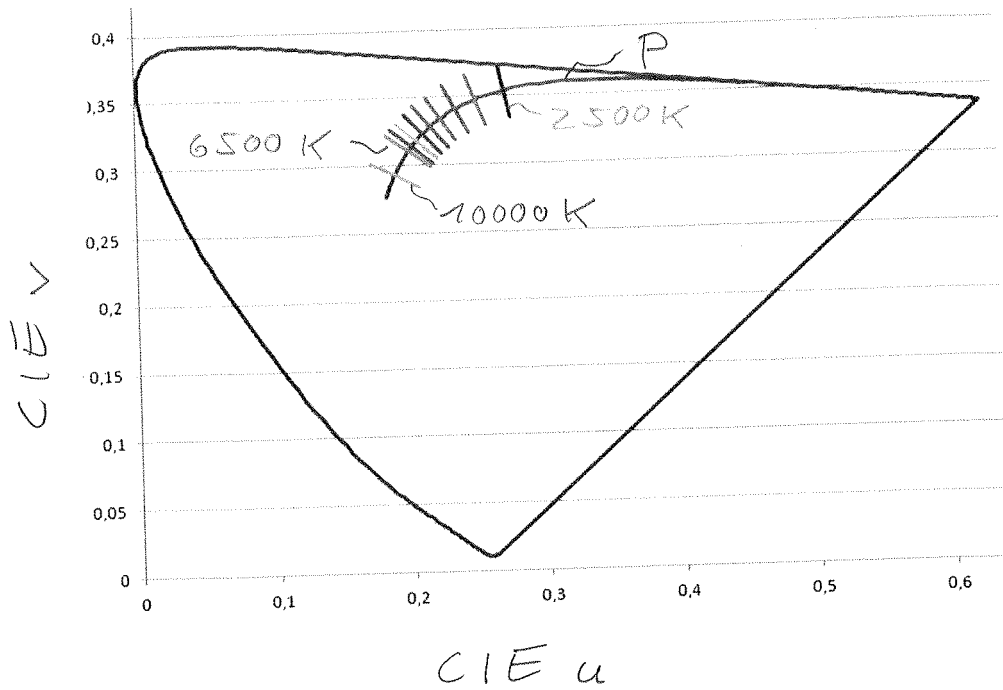


FIG 9

Fig. 2	CIE x	CIE y
1 (A)	0,33	0,433
2(B)	0,332	0,28
3 (C)	0,432	0,34
4 (D)	0,506	0,463

Fig. 3b	CIE x	CIE y
1 (A)	0,306	0,44
2(B)	0,386	0,292
3 (C)	0,44	0,461
4 (D)	0,38	0,379

Fig. 6a	CIE x	CIE y
1 (A)	0,322	0,336
2(B)	0,450	0,470
3 (C)	0,550	0,420
4 (D)	0,500	0,350

Fig. 5a	CIE x	CIE y
1 (A)	0,402	0,439
2(B)	0,415	0,332
3 (C)	0,523	0,435
4 (D)	0,312	0,320

Fig.7a	CIE x	CIE y
1 (A)	0,322	0,399
2(B)	0,159	0,048
3 (C)	0,450	0,360
4 (D)	0,500	0,460

Fig.7b	CIE x	CIE y
1 (A)	0,322	0,399
2(B)	0,332	0,251
3 (C)	0,710	0,289
4 (D)	0,500	0,460