



(12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) EP 1 234 140 B2

(51) Int Cl.: **F21K 7/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 600 21 911.9

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US00/31877

(96) Europäisches Aktenzeichen: 00 98 0578.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 2001/036864

(86) PCT-Anmeldetag: 20.11.2000

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 25.05.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 28.08.2002

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 10.08.2005

(97) Veröffentlichungstag
des geänderten Patents beim EPA: 25.11.2015

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14.04.2016

Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert

(30) Unionspriorität:

166533 P	18.11.1999	US
201140 P	02.05.2000	US
235678 P	27.09.2000	US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:

Philips Lighting North America Corp., n. d. Ges. d.
Staates Delaware, Burlington, Mass., US

(72) Erfinder:

DUCHARME, Al, Tewksbury, US; MORGAN,
Frederick, Quincy, US; LYS, Ihor A., Milton, US;
DOWLING, Kevin, Westford, US; MUELLER,
George G., Boston, US

(74) Vertreter:

Westphal, Mussgnug & Partner Patentanwälte
mit beschränkter Berufshaftung, 78048 Villingen-
Schwenningen, DE

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Erzeugung und Modulierung von Beleuchtungsbedingungen**

Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die Menschen sind mit der Gewöhnung aufgewachsen, ihre Umgebung zu kontrollieren. Die Natur ist unvorhersehbar und weist oft Bedingungen auf, die weit weg sind von den idealen Lebensbedingungen eines Menschen. Die menschliche Rasse hat deshalb über Jahre versucht die Umgebung innerhalb einer Struktur zu gestalten, um die äußere Umgebung bei perfekten Bedingungen nachzubilden. Dies hat die Temperaturkontrolle, die Luftqualitätskontrolle und die Beleuchtungskontrolle eingeschlossen.

[0002] Der Wunsch, die Eigenschaften von Licht in einer künstlichen Umgebung zu kontrollieren bzw. zu steuern ist leicht verständlich. Die Menschen sind zu allererst visuelle Geschöpfe, bei denen viel von ihrer Kommunikation visuell getan wird. Wir können Freunde und geliebte Personen identifizieren basierend auf vornehmlich visuellen Hinweisen und wir kommunizieren über viele visuelle Medien, wie diese gedruckte Seite. Zur gleichen Zeit benötigt das menschliche Auge Licht, um dies zu sehen und unsere Augen (im Gegensatz zu jenen von einigen anderen Kreaturen) sind insbesondere empfindsam gegenüber Farbe.

[0003] Mit den täglich ständig wachsenden Arbeitsstunden und Zeitbelastungen wird immer weniger des Tages vom normalen Menschen draußen im natürlichen Sonnenlicht verbracht. Zusätzlich verbringen die Menschen ungefähr ein Drittel ihres Lebens im Schlaf und, da die Wirtschaft anwächst auf 24/7/365, haben viele Beschäftigte nicht länger den Luxus, die Stunden ihres Wachseins während des Tageslichts zu verbringen. Demzufolge wird das meiste eines durchschnittlichen menschlichen Lebens innen verbracht, beleuchtet durch vom Menschen erzeugte Lichtquellen.

[0004] Das sichtbare Licht ist eine Ansammlung von elektromagnetischen Wellen (elektromagnetische Strahlung) von unterschiedlichen Frequenzen, wobei jede Wellenlänge von diesen eine spezielle "Farbe" des Lichtspektrums darstellt. Es wird allgemein angenommen, dass das sichtbare Licht jene Lichtwellen mit einer Wellenlänge zwischen ungefähr 400 und ungefähr 700 nm enthält. Eine jede der Wellenlängen innerhalb dieses Spektrums weist eine bestimmte Lichtfarbe auf, von tiefblau/purpur bei ungefähr 400 nm bis zu dunkelrot bei ungefähr 700 nm. Das Mischen dieser Lichtfarben erzeugt zusätzliche Lichtfarben. Die unverwechselbare Farbe einer Neonlampe ergibt sich aus einer Anzahl von diskreten Lichtwellenlängen. Diese Wellenlängen setzen sich zusammen, um die resultierende Welle oder das resultierende Spektrum zu erzeugen, das die Farbe bildet. Eine solche Farbe ist Weißlicht.

[0005] Aufgrund der Wichtigkeit von Weißlicht, und da Weißlicht die Mischung von einer Vielzahl von Lichtwellenlängen ist, sind eine Vielzahl von Techniken zur Charakterisierung von Weißlicht entstanden, die in Beziehung dazu stehen, wie Menschen ein spezielles Weißlicht interpretieren. Die erste von diesen ist die Verwendung von Farbtemperatur, die in Bezug steht zu der Farbe des Lichts im weiß. Die korelierende Haupttemperatur ist charakterisiert durch Farbwiedergabefelder gemäß der Temperatur in Grad Kelvin (K) eines schwarzen Strahlkörpers, der dasselbe Farblicht ausstrahlt als das in Rede stehende Licht. **Fig. 1** zeigt ein Chromatizitätsbzw. Farbmaßzahldiagramm, in dem der Planckian Ort (oder Schwarzkörperort oder weiße Linie) (**104**) die Temperaturen von Weißfarben von ungefähr 700 K (allgemein angenommen als das erste Sichtbare für das menschliche Auge) bis im wesentlichen dem Endpunkt. Die Farbtemperatur des sichtbaren Lichts hängt von dem Farbgehalt des sichtbaren Lichts ab, wie durch die Linie (**104**) gezeigt. So weißt das erste morgendliche Tageslicht eine Farbtemperatur von ungefähr 3000 K auf, während die bedeckten Mittagshimmel eine Weißfarbtemperatur von ungefähr 10.000 K aufweisen. Ein Feuer hat eine Farbtemperatur von ungefähr 1.800 K und eine weißglühende Glühlampe ungefähr 2.800 K. Ein Farbbild, das bei 3000 K gesehen wird, wird einen relativ roten Ton aufweisen, wohingegen, wenn dasselbe Farbbild bei 10.000 K gesehen wird, es einen relativ blauen Ton aufweisen wird. All dieses Licht wird "weiß" genannt, es weiß jedoch einen veränderlichen Spektralgehalt auf.

[0006] Die zweite Klassifikation von Weißlicht bezieht seine Qualität mit ein. Im Jahr 1965 hat die Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ein Verfahren zum Messen der die Farbe bestimmenden Eigenschaften von Lichtquellen empfohlen, basierend auf einer Testfarbenmustermethode. Diese Methode wurde aktualisiert und ist beschrieben in dem CIE 13.3-1995 technischen Bericht "Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources", dessen Offenbarung durch Bezugnahme hier eingeführt wird. Diese Methode bezieht im Wesentlichen die spektroradiometrische Messung der im Test befindlichen Lichtquelle mit ein. Dieser Wert wird multipliziert mit den Reflektionsspektren von acht Farbmustern. Die daraus resultierenden Spektren werden in Farbwerte umgewandelt basierend auf dem CIE 1931 standard observer. Die Verschiebung dieser Werte bezüglich eines Referenzlichts wird bestimmt für den einheitlichen Farbraum (UCS), empfohlen 1960 durch die CIE. Der Durchschnitt der acht Farbverschiebungen wird berechnet, um den allgemeinen Farbwiedergabeindex (General Colour Rendering Index), bekannt als CRI, zu erzeugen. Innerhalb dieser Berechnungen wird der CRI skaliert, so dass eine perfekte Auswertung gleich 100 ist, wobei perfekt die Verwendung einer Quelle wäre,

die spektral gleich der Referenzquelle (oft Sonnenlicht oder volles spektrales Weißlicht) ist. Beispielsweise kann eine Wolfram-Halogenquelle verglichen mit dem Vollspektrum Weißlicht einen CRI-Wert von 99 haben, während eine warme weiße Leuchtstofflampe einen CRI von 50 haben würde.

[0007] Die künstliche Beleuchtung verwendet allgemein den CRI-Standard, um die Qualität des Weißlichts zu bestimmt. Wenn ein Licht einen hohen CRI zum Ziel hat, verglichen mit dem Vollspektrum Weißlicht, dann wird angenommen, dass es ein höher qualitatives Weißlicht (Licht das mehr "natürlich" ist und ermöglicht, dass farbige Oberflächen besser erscheinen) erzeugt. Dieses Verfahren wird seit 1965 als ein Vergleichspunkt für alle unterschiedlichen Arten von Lichtquellen verwendet.

[0008] Die korellierte Farbtemperatur und der CRI des sichtbaren Lichts kann die Weise, in der ein Beobachter ein Farbbild aufnimmt, beeinflussen. Ein Beobachter wird dasselbe Farbbild unterschiedlich aufnehmen, wenn er es unter Lichtern sieht, die unterschiedliche korrelierte Farbtemperaturen haben. Beispielsweise kann ein Farbbild, das, wenn beim ersten Morgenlicht betrachtet, normal erscheint, bläulich und ausgewaschen erscheinen, wenn es unter einem bedeckten Mittagshimmel betrachtet wird. Weiterhin kann ein Weißlicht mit geringem CRI hervorrufen, das die Farbdienste beschädigt erscheinen.

[0009] Die Farbtemperatur und/oder der CRI von Licht ist kritisch für die Erzeuger von Bildern, wie beispielsweise Fotografen, Film- und Fernsehproduzenten, Maler, etc. sowie für Betrachter von Bildern, Fotografien und anderen solchen Bildern. Im Idealfall benutzen sowohl der Erzeuger als auch der Betrachter dieselbe Farbe von Umgebungslicht, wodurch sichergestellt wird, dass das Erscheinen des Bildes bei dem Betrachter mit dem des Schaffenden übereinstimmt.

[0010] Zusätzlich wirkt die Farbtemperatur von Umgebungslicht darauf ein, wie Betrachter einen Bildschirm aufnehmen, wie beispielsweise einen Verkaufs- oder Marketingdisplay, durch Veränderung der aufgenommen Farben von solchen Elementen, wie Früchten und Gemüsen, Kleidung, Möbel, Kraftfahrzeuge, und anderen Produkten, die visuelle Elemente enthalten, die deutlich beeinflussen können, wie Menschen sehen und auf solche Darstellungen reagieren. Ein Beispiel ist ein Grundsatz von Theaterbeleuchtungsdesign, dass starkes Grünlicht auf den menschlichen Körper (sogar wenn der Gesamtlichteffekt Weißlicht ist) dazu tendiert, dass es den Menschen als unnatürlich, gruselig und oft ein wenig ekelhaft erscheinen lässt. Demzufolge können Veränderungen in der Farbtemperatur des Lichts bzw. der Beleuchtung beeinflussen, wie anziehend oder attraktiv eine derartige Darstellung für den Kunden sein kann.

[0011] Darüber hinaus ist die Fähigkeit, einen dekorativ farblichen Gegenstand, wie beispielsweise ein stoffbedecktes Möbel, Kleidung, Wandfarbe, Tapete, Vorhänge, etc. in einer beleuchteten Umgebung oder Farbtemperaturbedingung zu sehen, die mit der übereinstimmt oder sich nahe den Bedingungen, unter denen der Gegenstand gesehen wird, annähert, ermöglichen würde, dass solche farblichen Gegenstände genauer passend gemacht und koordiniert werden können. Typischerweise kann die Beleuchtung, die in einem Darstellungsszenario, wie beispielsweise einem Showroom, verwendet wird, nicht verändert werden und wird oft ausgewählt, um eine spezielle Facette der Farbe des Gegenstands herauszuheben, wobei es dem Kunden überlassen wird, zu vermuten, ob der in Rede stehende Gegenstand eine attraktive Erscheinung unter den Beleuchtungsbedingungen, wo der Gegenstand gegebenenfalls gesetzt werden wird, beibehalten wird.

[0012] Unterschiede in der Beleuchtung können einen Kunden sich auch darüber im Unklaren lassen, ob die Farbe des Gegenstands doch nicht mit anderen Gegenständen zusammenpassen wird, die normalerweise nicht unter den identischen Beleuchtungsbedingungen gesehen oder auf andere Weise direkt verglichen werden können.

[0013] Zusätzlich zu Weißlicht wird die Möglichkeit, spezifische Lichtfarbe zu erzeugen ebenfalls besonders gesucht. Aufgrund der menschlichen Lichtempfindlichkeit, wünschen die darstellenden Künstler und ähnliche Berufe ein farbiges Licht, das spezifizierbar und reproduzierbar ist. Grundklassen des Filmstudiums lehren, dass ein Kinobesucher trainiert wurde, dass Licht, das im Allgemeinen mehr orange oder rot ist, den Morgen anzeigt, während Licht, dass allgemein mehr blau ist, eine Nacht oder einen Abend anzeigt. Wir wurden auch dahingehend trainiert, dass durch Wasser gefiltertes Sonnenlicht eine bestimmte Farbe hat, während durch Glas gefiltertes Sonnenlicht eine andere Farbe hat. Aus allen diesen Gründen ist es für jene, die in der darstellenden Kunst involviert sind, wünschenswert, in der Lage zu sein, exakte Farben von Licht zu erzeugen und in der Lage zu sein, diese später zu reproduzieren.

[0014] Die derzeitige Beleuchtungstechnologie macht eine solche Einstellung und Kontrolle schwierig, da übliche Lichtquellen, wie beispielsweise Halogen-, weißglühende und fluoreszierende Quellen, ein Licht einer festen Farbtemperatur und eines festen Spektrums erzeugen. Darüber hinaus wird die Veränderung der Farbtemperatur oder des Spektrums üblicherweise andere Beleuchtungsvariablen in einer ungewünschten Weise verändern. Beispielsweise kann das Erhöhen der Spannung, die an einem weißglühenden Licht aufgebracht wird, die Farbtemperatur des resultierenden Lichts erhöhen, jedoch auch zu einer Gesamterhöhung des Glanzes bzw. der Leucht-

stärke führen. Auf dieselbe Weise wird ein vor eine weiße Halogenlampe gesetzter Tiefblaufilter dramatisch die Gesamtleuchttstärke des Lichtes verringern. Der Filter selbst wird auch sehr heiß werden (und möglicherweise schmelzen) und er absorbiert einen großen Prozentsatz der Lichtenergie des weißen Lichts.

[0015] Darüber hinaus kann es schwer oder unmöglich sein, gewisse Farbbedingungen mit weißglühenden Lichtquellen zu erreichen, da das gewünschte Licht zu einem schnellen Abbrennen des Glühdrahts führen kann. Bei fluoreszierenden Lichtquellen, wird die Farbtemperatur durch die Zusammensetzung des Leuchtstoffs gesteuert, die von Lampe zu Lampe unterschiedlich sein kann, jedoch für eine bestimmte typischerweise nicht verändert werden kann. Demzufolge ist das Verändern der Farbtemperatur des Lichts ein komplexer Vorgang, der oft vermieden wird in Szenarios, wo eine solche Anpassung von Vorteil sein dürfte.

[0016] Bei der künstlichen Beleuchtung ist eine Steuerung über den Bereich der Farben, die erzeugt werden können durch eine Beleuchtungsvorrichtung wünschenswert. Viele bekannte Beleuchtungsvorrichtungen des Standes der Technik können nur eine einzelne Farbe von Licht anstelle eines Bereichs von Farben erzeugen. Diese Farbe kann über die Beleuchtungsvorrichtungen veränderlich sein (beispielsweise erzeugt eine Fluoreszierenzbeleuchtungsvorrichtung eine unterschiedliche Lichtfarbe gegenüber einer Natriumdampflampe). Die Verwendung von Filtern auf einer Beleuchtungsvorrichtung ermöglicht der Beleuchtungsvorrichtung nicht, einen Bereich von Farben zu erzeugen, sie erlaubt einer Beleuchtungsvorrichtung lediglich, eine einzelne Farbe zu erzeugen, die dann teilweise absorbiert und teilweise durch den Filter übertragen wird. Wenn der Filter einmal gesetzt ist, kann die Vorrichtung nur eine einzelne (nun unterschiedliche) Lichtfarbe erzeugen, sie kann allerdings noch keinen Bereich erzeugen.

[0017] Bei der Steuerung von künstlichem Licht ist weiterhin wünschenswert in der Lage zu sein, einen Punkt innerhalb eines Farbbereichs zu spezifizieren, der von einer Beleuchtungsvorrichtung erzeugbar ist, welcher der Punkt der höchsten Intensität ist. Sogar bei der derzeitigen Technologie von Beleuchtungsvorrichtungen, deren Farben verändert werden können, kann der Punkt der maximalen Intensität durch den Benutzer nicht spezifiziert werden, sondern ist dieser gewöhnlich bestimmt durch die unveränderlichen physikalischen Eigenschaften der Vorrichtung. So kann eine Glühlampenvorrichtung einen Farbbereich erzeugen, jedoch steigt die Intensität notwendigerweise wenn die Farbtemperatur steigt, was eine Strahlung der Farbe auf den Punkt der maximalen Lichtstärke nicht ermöglicht. Auch Filter ermöglichen die Steuerung des Punkts maximaler Lichtstärke nicht, da der Punkt der maximalen Lichtstärke einer Beleuchtungsvorrichtung die ungefilterte Farbe ist, da jeder Filter etwas von der Lichtstärke absorbiert.

[0018] Es wird Bezug genommen auf die US-A-5,803,579, die eine Beleuchtungsanordnung zur Erzeugung eines Weißlichts zeigt, mit einer Mehrzahl von Beleuchtungsquellen, die eine Mehrzahl von LEDs von zwei Typen umfasst, die entsprechend angeordnet sind, um sichtbare Emissionen mit unterschiedlichen Linien oder Spektren zu erzeugen. Die Beleuchtungsanordnung umfaßt auch ein Haltelelement, das die Mehrzahl von LEDs hält, wobei das Halteteil so angeordnet ist, dass es dem Spektrum der Mehrzahl ermöglicht, sich zu mischen, um ein resultierendes Spektrum zu bilden. Eine elektronische Steuerschaltung steuert den Betrieb der LEDs. Genauer, regt sie die LEDs an, steuert und schützt sie. Die jeweiligen Spektren der LEDs von zwei unterschiedlichen Typen sind komplementär zueinander und überlagern sich, um eine metamerische weiße Beleuchtung zu bilden.

Zusammenfassung der Erfindung

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft Systeme bzw. Vorrichtungen und Verfahren zum Erzeugen und/oder Modulieren von Beleuchtungsbedingungen, um Licht einer gewünschten und einstellbaren Farbe zu erzeugen, zum Schaffen von Beleuchtungsvorrichtungen zum Erzeugen von Licht mit gewünschten und reproduzierbaren Farben, und zum Verändern der Farbtemperatur oder der Farbschattierungen des Lichts, erzeugt durch eine Beleuchtungsvorrichtung innerhalb eines vorbestimmten Bereichs, nach dem eine Beleuchtungsvorrichtung gebildet ist. In einer Ausführungsform werden LED-Beleuchtungseinheiten verwendet, die in der Lage sind, ein Licht eines Farbbereiches zu erzeugen, um Licht oder zusätzliches Umgebungslicht zu liefern, um Lichtbedingungen zu ermöglichen, die für einen weiten Bereich der Anwendungen geeignet sind.

[0020] Gemäß eines Aspektes der vorliegenden Erfindung ist eine Beleuchtungsvorrichtung zur Erzeugung von Weißlicht vorgesehen, die aufweist: eine Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen, wobei die Mehrzahl Einzelbeleuchtungsquellen, die angeordnet sind, um elektromagnetische Strahlung von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren hervorzubringen, wobei mindestens eine der Mehrzahl der Einzelbeleuchtungsquellen eine LED einschließlich eines Leuchtstoffs aufweist; und eine Halterung umfaßt, die die Mehrzahl hält, wobei die Halterung so angeordnet ist, dass sie den Spektren der Mehrzahl ermöglicht, sich zu mischen und ein Ergebnisspektrum zu bilden; wobei der sichtbare Bereich des Ergebnisspektrums eine größere Intensität oder Licht-

stärke als das Hintergrundrauschen bei seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist.

[0021] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Erzeugung von Licht vorgesehen, das die folgenden Schritte aufweist: Aufbauen einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen, die elektromagnetische Strahlen von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren in einer solchen Weise hervorbringen, dass die Spektren gemischt werden, wobei mindestens eine der Mehrzahl von Beleuchtungsquellen mindestens eine LED einschließlich Leuchtstoff aufweist; und Auswählen von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren in einer solchen Weise, dass die Mischung der Spektren ein Ergebnisspektrum bildet, dass eine Intensität bzw. Lichtstärke einer niedrigsten Spektralsenke aufweist, die größer als das Hintergrundrauschen ist.

[0022] Gezeigt ist eine erste Ausführungsform, die eine Beleuchtungsvorrichtung zum Erzeugen von Weißlicht aufweist, mit einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (wie beispielsweise LEDs), welche elektromagnetische Strahlung von mindestens zwei unterschiedlichen elektromagnetischen Spektren (umfassend Ausführungsformen mit exakt zwei oder exakt drei), erzeugen, wobei ein jedes der Spektren einen Maximalspektralwert außerhalb des Bereichs 510 nm bis 570 nm aufweist, wobei die Beleuchtungsquellen, die an einer Halterung angebracht sind, ermöglichen, dass sich die Spektren mischen, so dass das resultierende Spektrum im Wesentlichen kontinuierlich in dem photopischen Wahrnehmungsbereich des menschlichen Auges und/oder in den Wellenlängen von 400 nm bis 700 nm ist.

[0023] In einer Ausführungsform kann die Beleuchtungsvorrichtung Beleuchtungsquellen umfassen, die keine LEDs sind, mit einem maximalen Spektralwert innerhalb des Bereiches von 510 nm bis 570 nm. In einer weiteren Ausführungsform kann die Vorrichtung weißes Licht in einem Bereich von Farbtemperaturen wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, im Bereich von 500 K bis 10.000 K und im Bereich von 2300 K bis 4500 K erzeugen. Die spezifische Farbe in dem Bereich kann durch eine Steuerung gesteuert werden.

[0024] In einer Ausführungsform enthält die Vorrichtung einen Filter auf wenigstens eine der Beleuchtungsquellen, der ausgewählt werden kann, möglicherweise aus einem Bereich von Filtern, um der Vorrichtung zu ermöglichen, einen speziellen Farbbereich zu erzeugen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann auch in einer Ausführungsform Beleuchtungsquellen mit Wellenlängen außerhalb des oben beschriebenen Bereichs von 400 nm bis 700 nm umfassen.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform kann die Beleuchtungsvorrichtung eine Mehrzahl von LEDs aufweisen, die drei Spektren von magnetischer Strahlung mit maximalen Spektralspitzenwerten außerhalb des Bereichs von 530 nm bis 570 nm (wie beispielsweise 450 nm und/oder 592 nm) liefern, wobei eine additive Überlagerung (interference) der Spektren Weißlicht ergibt. Die Beleuchtungsvorrichtung kann Weißlicht innerhalb eines Bereichs von Farbtemperaturen, wie beispielsweise, jedoch nicht beschränkt darauf, in dem Bereich 500 K bis 10.000 K und dem Bereich 2300 K bis 4500 K erzeugen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann eine Steuerung und/oder einen Prozessor zum Steuern der Intensitäten bzw. Lichtstärken der LEDs umfassen, um verschiedene Farbtemperaturen in dem Bereich zu erzeugen.

[0026] Eine weitere Ausführungsform weist eine Beleuchtungsvorrichtung für die Verwendung in einer Lampe auf, die ausgebildet ist, um fluoreszierende Röhren aufzunehmen, wobei die Beleuchtungsvorrichtung wenigstens eine Einzelbeleuchtungsquelle (oft zwei oder mehr), wie beispielsweise LEDs, aufweist, die an einer Halterung gehalten sind, und einen Verbinder an der Halterung aufweisen, der zu einer Fluoreszenzlampe verbinden und Energie von der Lampe aufnehmen kann. Sie weist auch eine Steuerung oder einen elektrischen Schaltkreis auf, um der Vorschaltgerätspannung der Lampe zu ermöglichen, für die Energieversorgung oder die Strahlung der LEDs verwendet zu werden. Dieser Steuerschaltkreis kann einen Prozessor umfassen und/oder kann die Beleuchtung steuern, die durch die Vorrichtung basierend auf der zu der Lampe geführten Energie geliefert wird. Die Beleuchtungsvorrichtung ist in einer Ausführungsform in einem Gehäuse enthalten, wobei das Gehäuse von allgemein zylindrischer Form sein kann, einen Filter enthalten kann und/oder teilweise transparent oder durchsichtig sein kann. Die Vorrichtung kann weißes Licht oder farbiges Licht erzeugen.

[0027] Eine weitere Ausführungsform umfasst eine Beleuchtungsvorrichtung zum Erzeugen von Weißlicht, mit einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (wie beispielsweise LEDs, Beleuchtungsvorrichtungen mit Leuchtstoff, oder LEDs, die Leuchtstoff enthalten), wobei die Einzelbeleuchtungsquellen Spektren von elektromagnetischer Strahlung erzeugen. Die Einzelbeleuchtungsquellen sind an einer Halterung gehalten, die so ausgestaltet ist, dass sie den Spektren ermöglicht, sich zu mischen und ein Ergebnisspektrum zu bilden, wobei das Ergebnisspektrum eine größere Intensität als das Hintergrundrauschen bei seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist. Die niedrige Spektralsenke innerhalb des sichtbaren Bereichs kann auch eine Intensität von wenigstens 5%, 10%, 25%, 50% oder 75% der Intensität des maximalen Spektralwerts aufweisen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann auch in der Lage sein,

Weißlicht in einem Bereich von Farbtemperaturen zu erzeugen und kann eine Steuerung und/oder Prozessor umfassen, zur Ermöglichung der Auswahl einer bestimmten Farbe in dem Bereich.

[0028] Eine weitere Ausführungsform der Beleuchtungsvorrichtung kann eine Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (wie beispielsweise LEDs) aufweisen, wobei die Einzelbeleuchtungsquellen eine elektromagnetische Strahlung von wenigstens zwei unterschiedlichen Spektren erzeugen, wobei die Beleuchtungsquellen an einer Halterung gehalten sind, die so ausgelegt ist, dass sie den Spektren ermöglicht, sich zu mischen und ein Ergebnisspektrum zu bilden, wobei das Ergebnisspektrum keine Spektralsenke bei einer längeren Wellenlänge als der maximale Spektral spitzenwert innerhalb des photopischen Wahrnehmungsbereichs des menschlichen Auges und/oder in dem Bereich von 400 nm bis 700 nm aufweist.

[0029] Eine weitere Ausführungsform umfasst ein Verfahren zur Erzeugung von Licht mit den Schritten des Aufbaus einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen, die elektromagnetische Strahlen von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren in einer solchen Weise hervorbringen, dass die Spektren sich mischen; und des Auswählens der Spektren derart, dass die Mischung der Spektren eine Intensität an ihrer niedrigsten Spektralsenke aufweist, die größer als das Hintergrundrauschen ist.

[0030] Eine weitere Ausführungsform umfasst ein System zum Steuern von Beleuchtungsbedingungen, umfassend eine Beleuchtungsvorrichtung zum Schaffen der Beleuchtung eines jeglichen Bereichs von Farben, wobei die Beleuchtungsvorrichtung aus einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (wie beispielsweise LEDs und/oder möglicherweise von drei unterschiedlichen Farben) ausgebildet ist, wobei ein Prozessor mit der Beleuchtungsvorrichtung verbunden ist, zur Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung, und eine Steuerung mit dem Prozessor verbunden ist, zur Spezifizierung der Beleuchtungsbedingungen, die von der Beleuchtungsvorrichtung geliefert werden sollen. Die Steuerung kann Computerhardware oder Computersoftware; ein Sensor wie beispielsweise jedoch nicht eingeschränkt auf eine Fotodiode, ein Radiometer, ein Fotometer, ein Farbmesser, ein Spektralradiometer, eine Kamera; oder ein manuelles Interface, wie beispielsweise jedoch nicht eingeschränkt, ein Schieber, ein Wähler, ein Joystick, ein Trackpad, oder ein Trackball bzw. Rollerball sein. Der Prozessor kann einen Speicher (beispielsweise eine Datenbank) von vorbestimmten Farbbedingungen und/oder einen ein Interface liefernden Mechanismus umfassen, zum Schaffen eines Benutzerinterfaces, das möglicherweise ein Farbspektrum, ein Farbtemperaturspektrum oder ein Farbartdiagramm umfasst.

[0031] In einer weiteren Ausführungsform kann das System eine zweite Beleuchtungsquelle aufweisen, wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, eine Fluoreszenzlampe, eine Weißglühlampe, eine Quecksilberdampflampe, eine Natriumdampflampe, eine Lichtbogenentladungslampe, Sonnenlicht, Mondlicht, Kerzenlicht, ein LED-Anzeigesystem, eine LED, oder ein Beleuchtungssystem, das durch Pulse mit Modulation gesteuert wird. Die zweite Quelle kann durch die Steuerung verwendet werden, um die Beleuchtungsbedingungen für die Beleuchtungsvorrichtung zu spezifizieren, basierend auf der Beleuchtung der Beleuchtungsvorrichtung und der zweiten Beleuchtungsquelle und/oder des kombinierten Lichts und der Beleuchtungsvorrichtung und der zweiten Quelle könnte eine gewünschte Farbtemperatur sein.

[0032] Eine weitere Ausführungsform umfasst ein Verfahren mit den Schritten umfassend eine Lichterzeugung mit Farbe und Glanz bzw. Leuchtstärke, unter Verwendung einer Beleuchtungsvorrichtung, die in der Lage ist, Licht eines jeglichen Bereichs von Farben zu erzeugen, Beleuchtungsbedingungen zu messen und die Farbe und die Leuchtstärke des erzeugten Lichts zu modulieren, um die Zielbeleuchtungsbedingung zu erreichen. Das Messen der Beleuchtungsbedingungen kann das Erfassen von Farbeigenschaften der Beleuchtungsbedingungen umfassen, unter Verwendung eines Lichtsensors, wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, eine Fotodiode, eines Radiometers, eines Fotometers, eines Farbmessers, eines Spektralradiometers, oder einer Kamera; visuelle Beleuchtungsbewertungsbedingungen und Modulieren der Farbe oder des Glanzes des erzeugten Lichts umfassen das Variieren der Farbe oder der Leuchtstärke des erzeugten Lichts, unter Verwendung eines manuellen Interfaces; oder Messen der Beleuchtungsbedingungen einschließlich Erfassen von Farbeigenschaften der Beleuchtungsbedingungen unter Verwendung eines Lichtsensors, und Modulieren der Farbe und der Leuchtstärke des erzeugten Lichts einschließlich Verändern der Farbe oder der Leuchtstärke des erzeugten Lichts unter Verwendung eines Prozessor, bis die Farbeigenschaften der Beleuchtungsbedingungen, erfasst durch den Lichtsensor mit den Farbeigenschaften der Zielbeleuchtungsbedingungen übereinstimmen. Das Verfahren kann die Auswahl einer Zielbeleuchtungsbedingung umfassen, wie beispielsweise jedoch nicht eingeschränkt, das Auswählen einer Zielfarbtemperatur und/oder Liefern eines Interfaces mit einer Beschreibung eines Farbbereichs und Auswählen einer Farbe innerhalb des Farbbereichs. Das Verfahren kann auch die Schritte des Schaffens einer zweiten Beleuchtungsquelle aufweisen, wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, einer Fluoreszenzlampe, einer Weißglühlampe, einer Quecksilberdampflampe, einer Natriumdampflampe, einer Lichtbogenentladungslampe, von Sonnenlicht, Mondlicht, Kerzenlicht, eines LED-Beleuchtungssystems.

tems, einer LED, oder eines Beleuchtungssystem, das durch Pulse mit Modulation gesteuert wird. Das Verfahren kann Beleuchtungsbedingungen messen, einschließlich des Erfassens von Licht, das von der Beleuchtungsvorrichtung und von der zweiten Lichtquelle erzeugt wurde.

[0033] In einer weiteren Ausführungsform zur Veränderung oder Modulation der Farbe oder der Leuchtsstärke des erzeugten Lichts, werden die Beleuchtungsbedingungen verändert, um die Zielfarbtemperatur zu erreichen, oder die Beleuchtungsvorrichtung kann eine oder mehrere der Beleuchtungsvorrichtungen aufweisen, die in der Lage sind, einen Farbbereich zu erzeugen.

[0034] In noch einer anderen Ausführungsform gibt es ein Verfahren zum Designen einer Beleuchtungsvorrichtung, mit der Auswahl eines gewünschten Farbbereichs, der von der Beleuchtungsvorrichtung erzeugt werden soll, Wählen einer ausgewählten Farbe des Lichts, das durch die Beleuchtungsvorrichtung erzeugt werden soll, wenn sich die Beleuchtungsvorrichtung bei einer maximalen Intensität befindet, und Designen der Beleuchtungsvorrichtung aus einer Mehrzahl von Beleuchtungsquellen (wie beispielsweise LEDs), derart, dass die Beleuchtungsvorrichtung den Farbbereich erzeugen kann und die gewählte Farbe bei einer maximalen Intensität erzeugt.

Kurzbeschreibung der Figuren

[0035] Die nachfolgenden Figuren beschreiben bestimmte dargestellte Ausführungsformen der Erfindung in der gleiche Bezugsziffern gleiche Elemente bedeuten. Diese dargestellten Ausführungsformen sollen als Darstellung der Erfindung verstanden werden und nicht als eine Einschränkung in irgendeiner Weise. Die Erfindung wird vollständig aus der nachfolgenden weiteren Beschreibung verstanden werden, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen, in denen:

[0036] **Fig. 1** ein Farbartdiagramm ist, einschließlich dem Schwarzkörperort;

[0037] **Fig. 2** eine Ausführungsform der Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die für die Verwendung in dieser Erfindung geeignet ist;

[0038] **Fig. 3** die Verwendung von mehreren Beleuchtungsvorrichtungen gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0039] **Fig. 4** eine Ausführungsform eines Gehäuses zur Verwendung in einer Ausführungsform dieser Erfindung zeigt;

[0040] **Fig. 5a** und **Fig. 5b** eine weitere Ausführungsform eines Gehäuses zur Verwendung in einer Ausführungsform dieser Erfindung zeigen;

[0041] **Fig. 6** eine Ausführungsform eines Computerinterfaces zeigt, das der Bedienungsperson ermöglicht, eine Beleuchtungsvorrichtung zu gestalten, die in der Lage ist, das gewünschte Spektrum zu erzeugen;

[0042] **Fig. 7** eine Ausführungsform zum Eichen oder Steuern der Beleuchtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung zeigt, die einen Sensor verwendet;

[0043] **Fig. 8a** eine allgemeine Ausführungsform der Steuerung einer Beleuchtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0044] **Fig. 8b** eine Ausführungsform der Steuerung einer Beleuchtungsvorrichtung dieser Erfindung in Verbindung mit einer zweiten Lichtquelle zeigt;

[0045] **Fig. 9** eine Ausführungsform zum Steuern einer Beleuchtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung unter Verwendung eines Computerinterfaces zeigt;

[0046] **Fig. 10a** eine weitere Ausführungsform zum Steuern einer Beleuchtungsvorrichtung dieser Erfindung unter Verwendung einer manuellen Steuerung zeigt;

[0047] **Fig. 10b** eine Nahaufnahme einer Steuereinheit, wie jene verwendet in **Fig. 10a**, zeigt;

[0048] **Fig. 11** eine Ausführungsform eines Steuersystems zeigt, das der multiplen Beleuchtungssteuerung ermöglicht, eine Umgebung zu simulieren;

[0049] **Fig. 12** die CIE-Spektralleuchtfunktion aus $V\lambda$ zeigt, welche die Wahrnehmungsfähigkeit des menschlichen Auges angibt;

[0050] **Fig. 13** die Spektralverteilung von Schwarzkörperquellen bei 5000 K und 2500 K zeigt;

[0051] **Fig. 14** eine Ausführungsform einer neuen LED-Weißlichtquelle zeigt;

[0052] **Fig. 15a** den Ausgang einer Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die neun LEDs aufweist und 5000 K Weißlicht erzeugt;

[0053] **Fig. 15b** den Ausgang einer Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die neun LEDs aufweist und 2500 K Weißlicht erzeugt;

[0054] **Fig. 16** eine Ausführungsform des Einzelbeleuchtungsspektrums einer drei LED-Beleuchtungsvorrichtung zeigt;

[0055] Fig. 17a den Ausgang einer Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die drei LEDs aufweist und 5000 K Weißlicht erzeugt;

[0056] Fig. 17b den Ausgang einer Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die drei LEDs aufweist und 2500 K Weißlicht erzeugt;

[0057] Fig. 18 das Spektrum einer weißen Nichia LED, NSP510BS (bin A) zeigt;

[0058] Fig. 19 das Spektrum einer weißen Nichia LED, NSP510BS (bin C) zeigt;

[0059] Fig. 20 die Spektralübertragung von einer Ausführungsform eines Hochpassfilters zeigt;

[0060] Fig. 21a das Spektrum von Fig. 18 und das verschobene Spektrum nach dem Passieren des Spektrums von Fig. 18 durch den Hochpassfilter in Fig. 20 zeigt;

[0061] Fig. 21b das Spektrum von Fig. 19 und das verschobene Spektrum, nachdem das Spektrum von Fig. 19 den Hochpassfilter in Fig. 20 passiert hat, zeigt;

[0062] Fig. 22 eine Farbartkarte ist, die den Schwarzkörperort (weiße Linie), vergrößert in einem Temperaturbereich zwischen 2300 K und 4500 K, zeigt; auch ist das Licht gezeigt, das von zwei LEDs in einer Ausführungsform der Erfindung erzeugt wird;

[0063] Fig. 23 die Farbartkarte ist, die weiterhin die Lichtskala zeigt, die von drei LEDs in einer Ausführungsform der Erfindung erzeugt wurde;

[0064] Fig. 24 einen grafischen Vergleich des CRI einer Beleuchtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung mit den bestehenden Weißlichtquellen zeigt;

[0065] Fig. 25 die Lichtausgangsleistung einer erfundungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung bei verschiedenen Farbtemperaturen zeigt;

[0066] Fig. 26a das Spektrum einer Ausführungsform einer Weißlichtvorrichtung gemäß der Erfindung zeigt, die Licht bei 2300 K erzeugt;

[0067] Fig. 26b das Spektrum einer Ausführungsform einer Weißlichtvorrichtung zeigt, die Licht bei 4500 K erzeugt;

[0068] Fig. 27 ein Diagramm des Spektrums einer kompakten Fluoreszenzbeleuchtungsvorrichtung zeigt, wobei die spektrale Helligkeitsfunktion als gestrichelte Linie gezeigt ist;

[0069] Fig. 28 eine Lampe zur Verwendung von Leuchtstoffröhren, wie sie im Stand der Technik bekannt sind, zeigt;

[0070] Fig. 29 eine mögliche LED-Beleuchtungsvorrichtung zeigt, die verwendet werden könnte, um ein Leuchtstoffrohr zu ersetzen;

[0071] Fig. 30 eine Ausführungsform zeigt, wie eine Mehrzahl von Filtern verwendet werden könnte, um verschiedene Abschnitte des Schwarzkörperortes einzuschließen.

Detaillierte Beschreibung der dargestellten Ausführungsformen

[0072] Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich auf verschiedene dargestellte Ausführungsformen der Erfindung. Viele Änderungen der Erfindung können werden durch den Durchschnittsfachmann ins Auge gefasst, die in den Schutzmfang der Ansprüche fallen. Demzufolge ist der Schutzbereich der Erfindung in keiner Weise durch die nachfolgende Offenbarung eingeschränkt.

[0073] Wie in diesem Dokument verwendet, haben die nachfolgenden Begriffe allgemein die nachfolgenden Bedeutungen; jedoch sind diese Definitionen in keiner Weise dazu da, den Schutzbereich des Begriffes wie er bei dem Durchschnittsfachmann verstanden würde, einzuschränken.

[0074] Der Begriff "LED" umfasst allgemein lichtemittierende Dioden aller Typen und umfasst auch, ist jedoch nicht darauf eingeschränkt, lichtemittierende Polymere, Halbleiterplättchen, die Licht in Antwort auf einen Strom erzeugen, organische LEDs, elektronische Leuchstreifen, superhelle Dioden (SLDs) und andere derartige Vorrichtungen. Der Begriff LEDs schränkt die physikalische oder elektrische Stapelung einer jeglichen der oben genannten ein und diese Stapelung kann umfassen, ist jedoch darauf nicht beschränkt, Oberflächenanbringung (surface mount), chip-on-board, oder T-Packungsanbringungs-LEDs.

[0075] Die "Lichtquelle" (illumination source) umfasst alle Beleuchtungsquellen einschließlich, jedoch nicht darauf eingeschränkt, LEDs; Weißglühlampenquellen einschließlich Glühdrahtlampen; pyroleuchtende Quellen, wie beispielsweise Flammen; kerzenleuchtende Quellen, wie beispielsweise Gasglühstrümpfe und Kohlenstofflichtbogenquellen; Foto-Leuchtquellen einschließlich Gas- und Ladungsquellen; Fluoreszenz- bzw. Leuchtstoffquellen; phosphorizierende Quellen; Laser; elektrolumineszente Quellen, wie beispielsweise elektrolumineszente Lampen; Kathoden-lumineszente Quellen, die elektronische Sättigung verwenden; und weitere lumineszente Quellen einschließlich galvanisch-lumineszenter Quellen, Kristall-lumineszente Quellen; Bewe-

gungungs-lumineszente Quellen, Wärme-lumineszente Quellen, Reibungs-lumineszente Quellen, Geräusch-lumineszente Quellen, und Radio-lumineszente Quellen. Die Lichtquellen können auch lumineszente Polymere umfassen. Eine Lichtquelle kann elektromagnetische Strahlung innerhalb des sichtbaren Spektrums, außerhalb des sichtbaren Spektrums, oder in einer Kombination davon erzeugt werden. Eine Einzelbeleuchtungsquelle ist jegliche Beleuchtungsquelle, die Teil einer Beleuchtungsvorrichtung ist.

[0076] Eine "Beleuchtungsvorrichtung" oder "Vorrichtung" ist jegliche Vorrichtung oder jegliches Gehäuse, das wenigstens eine Beleuchtungsquelle aufweist für den Zweck der Erzeugung von Beleuchtung oder nicht.

[0077] "Farbe", "Temperatur" und "Spektrum" werden abwechselnd innerhalb dieses Dokuments, sofern nicht anders angegeben, verwendet. Die drei Begriffe beziehen sich allgemein auf die resultierende Kombination von Wellenlängen von Licht, das zu dem Licht führt, das von einer Beleuchtungsvorrichtung erzeugt wird. Die Kombination von Wellenlängen definiert eine Farbe oder eine Temperatur des Lichts. Die Farbe wird allgemein verwendet für Licht, das nicht weiß ist, während die Temperatur für Licht verwendet wird, das weiß ist, jedoch kann jeder Begriff für eine jegliche Art von Licht verwendet werden. Ein Weißlicht hat eine Farbe und ein Nicht-Weißlicht kann eine Temperatur aufweisen. Ein Spektrum bezieht sich allgemein auf die spektrale Zusammensetzung einer Kombination von individuellen Wellenlängen, während eine Farbe oder eine Temperatur allgemein sich auf die vom Menschen aufgenommenen Eigenschaften dieses Lichtes beziehen. Jedoch sind die oben ausgeführten Verwendungen nicht dazu geeignet, den Bereich dieser Begriffe einzuschränken.

[0078] Das kürzliche Aufkommen von farbigen LEDs, die hell genug sind, um eine Beleuchtung zu schaffen, hat eine Revolution in der Beleuchtungstechnologie hervorgerufen, aufgrund der Einfachheit mit der die Farbe und die Helligkeit bzw. Stärke dieser Lichtquellen verändert werden kann. Eine derartige Modulationsmethode ist in der US-Patentschrift 6,016,038 angegeben, deren komplette Offenbarung durch Bezugnahme hier eingebbracht wird. Die Systeme bzw. Vorrichtungen und Verfahren, die hierin beschrieben sind, diskutieren, wie LED-Lichtvorrichtung oder -systeme verwendet und aufgebaut werden können oder andere Lichtvorrichtungen oder -systeme, die Einzelbeleuchtungsquellen verwenden. Die Vorrichtungen weisen gewisse Vorteile über andere Beleuchtungsvorrichtung auf. Insbesondere erlauben die hier dargestellten Systeme bzw. Vorrichtungen eine bisher nicht bekannte Steuerung des Lichts, das von einer Beleuchtungsvorrichtung erzeugt werden kann. Insbesondere beschreibt die nachfolgende Be-

schreibung Vorrichtungen und Verfahren zur Vorbestimmung des Lichtbereiches und des Lichttyps, der durch die Beleuchtungsvorrichtung, die Systeme und Verfahren zur Verwendung des vorbestimmten Bereichs dieser Beleuchtungsvorrichtung in einer Vielzahl von Anwendungen erzeugt werden kann.

[0079] Um diese Vorrichtung und dieses Verfahren zu verstehen ist es zunächst nützlich, eine Lichtvorrichtung bzw. Beleuchtungsvorrichtung zu verstehen, die aufgebaut werden kann und in den Ausführungsformen dieser Erfindung verwendet werden kann. Die **Fig. 2** zeigt eine Ausführungsform eines Beleuchtungsmoduls, das in einer Ausführungsform der Erfindung verwendet werden könnte, wobei eine Beleuchtungsvorrichtung (**300**) im Blockdiagrammformat dargestellt ist. Die Beleuchtungsvorrichtung (**300**) umfasst zwei Komponenten, einen Prozessor (**316**) und eine Ansammlung von Einzelbeleuchtungsquellen (**320**), was in **Fig. 2** als eine Anordnung von lichtemittierenden Dioden dargestellt ist. In einer Ausführungsform dieser Erfindung umfasst die Ansammlung von Einzelbeleuchtungsquellen wenigstens zwei Lichtquellen, die unterschiedliche Lichtspektren erzeugen. Die Ansammlung von Einzelbeleuchtungsquellen (**320**) ist in der Beleuchtungsvorrichtung (**300**) auf eine Halterung (**350**) derart angeordnet, dass es dem Licht von den verschiedenen Einzelbeleuchtungsquellen möglich ist, sich zu mischen, um ein resultierendes Lichtspektrum zu erzeugen, was grundsätzlich das additive Spektrum von verschiedenen Einzelbeleuchtungsquellen ist. In **Fig. 2** wird dies durch Plazieren von Einzelbeleuchtungsquellen (**320**) in einem allgemein kreisförmigen Bereich bewerkstelligt, es könnte auch in einer jeglichen anderen Art und Weise, wie das der Durchschnittsfachmann versteht, erfolgen, beispielsweise durch eine Linie von Einzelbeleuchtungsquellen, oder eine andere geometrische Form der Einzelbeleuchtungsquellen. Der Begriff "Prozessor" wird hierin derart verwendet, dass er sich auf jegliches Verfahren oder jegliche Vorrichtung in der Ablaufsteuerung bezieht, beispielsweise jene, die erfolgen in Antwort auf ein Signal oder einen Wert und/oder jene, die autonom ablaufen. Ein Prozessor sollte verstanden werden als umfassend ein Mikroprozessor, Mikrocontroller, programmierbare digitale Signalprozessoren, integrierte Schaltkreise, Computersoftware, Computerhardware, elektrische Schaltkreise, Anwenden von spezifischen integrierten Schaltkreisen, programmierbare Logikvorrichtungen, programmierbare Gate Arrays, programmierbare Feldlogik, Personalcomputer, Chips, und jegliche andere Kombination von diskreter analoger, digitaler oder programmierbarer Komponenten, oder anderer Vorrichtungen, die in der Lage sind Prozessfunktionen zu liefern.

[0080] Die Ansammlung von Beleuchtungsquellen (**320**) wird von dem Prozessor (**316**) gesteuert, um

eine gesteuerte Beleuchtung zu erzeugen. Insbesondere steuert der Prozessor (316) die Intensität bzw. Lichtstärke der verschiedenen Farbeinzel-LEDs in dem LED-Feld, das die Ansammlung von Beleuchtungsquellen (320) bildet, zur Erzeugung von Licht bzw. Beleuchtung in einer jeglichen Farbe innerhalb eines Bereichs, gebunden durch das Spektrum des jeweiligen LEDs und eines jeglichen Filters oder anderer Spektrum-Änderungsvorrichtungen, die damit verbunden ist. Plötzliche Änderungen in der Farbe, Abtasten und andere Effekt, können ebenfalls mit den Beleuchtungsvorrichtungen wie beispielsweise dem Lichtmodul (300), dargestellt in **Fig. 2**, erzeugt werden. Die Beleuchtungsvorrichtung (300) kann in die Lage versetzt sein, Energie und Daten von einer externen Quelle, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, aufzunehmen. Die Aufnahme derartiger Daten erfolgt über eine Datenleitung (330) und jene der Energie über eine Energieleitung (340). Die Beleuchtungsvorrichtung (300) kann durch den Prozessor (316) so ausgebildet werden, dass sie die verschiedenen Funktionen, die den verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung, die hier beschrieben sind, zugeschrieben werden, erzeugen kann. In einer anderen Ausführungsform kann der Prozessor (316) durch eine feste Verdrahtung oder durch einen anderen Typs von Steuerung ersetzt werden, wodurch die Beleuchtungsvorrichtung (300) nur eine einzige Farbe von Licht erzeugt.

[0081] Bezugnehmend auf **Fig. 3** kann die Beleuchtungsvorrichtung (300) so aufgebaut sein, dass sie entweder allein oder als Teil eines Satzes derartiger Beleuchtungsvorrichtungen (300) verwendet werden kann. Eine einzelne Beleuchtungsvorrichtung (300) oder ein Satz von Beleuchtungsvorrichtungen (300) kann mit einer Datenverbindung (350) zu einer oder mehrerer externer Vorrichtungen versehen sein, oder, in bestimmten Ausführungsformen der Erfindung, mit anderen Lichtmodulen (300) versehen sein. Der Begriff "Datenverbindung", wie er hierin verwendet wird, sollte so verstanden werden, dass auch jegliches System zum Liefern von Daten, wie beispielsweise ein Netzwerk, ein Datenbus, ein Draht, ein Übertrager und Empfänger, ein Schaltkreis, ein Videoband, eine Compact Disc, eine DVD-Disc, ein Videoband, ein Audioband, ein Computerband, eine Karte, oder dergleichen umfasst. Eine Datenverbindung kann somit jegliches System oder jegliches Verfahren umfassen, bei denen Daten geliefert werden mittels Radiofrequenz, Ultraschall, Gehör, Infrarot, optisch, Mikrowelle, Laser, elektromagnetisch, oder andere Übertragungs- oder Verbindungsverfahren oder -vorrichtungen. D. h. jegliche Verwendung des elektromagnetischen Spektrums oder eines anderen Energieübertragungsmechanismus kann eine Datenverbindung, wie sie hier angegeben ist, liefern. In einer Ausführungsform der Erfindung kann die Beleuchtungsvorrichtung (300) mit einem Übertrager, einem Empfänger, oder beiden, ausgerichtet sein,

um die Kommunikation zu erleichtern, und der Prozessor (316) kann so programmiert sein, dass er die Kommunikationskapazitäten in einer herkömmlichen Weise steuert. Die Beleuchtungsvorrichtungen (300) können Daten über die Datenverbindung (350) von einem Übertrager (352) erhalten, der ein herkömmlicher Übertrager von einem Kommunikationssignal oder ein Teil eines Schaltkreises oder eines Netzwerks sein kann, verbunden mit der Beleuchtungsvorrichtung (300). D. h., dass der Transmitter oder Übertrager (352) so verstanden werden soll, dass er jegliche Vorrichtung und jegliches Verfahren zum Übertragen von Daten zu der Beleuchtungsvorrichtung (300) umfasst. Der Übertrager (352) kann mit einer Steuervorrichtung (354) verbunden sein oder ein Teil von ihr sein, die Steuerdaten erzeugt, zur Steuerung der Lichtmodule (300). In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Steuervorrichtung (354) ein Computer, wie beispielsweise ein Laptop-Computer. Die Steuerdaten können in jeder geeigneten Form zum Steuern des Prozessors (316) vorliegen, zur Steuerung der Ansammlung der Einzelbeleuchtungsquellen (320). In einer Ausführungsform der Erfindung sind die Kontroldaten gemäß dem DMX-512-Protokoll formatiert und eine herkömmliche Software zur Erzeugung der DMX-512-Anweisungen wird auf einem Laptop oder einem Personal Computer als die Steuervorrichtung (354) verwendet, um die Beleuchtungsvorrichtungen (300) zu steuern. Die Beleuchtungsvorrichtung (300) kann auch mit einem Speicher zur Speicherung von Anweisungen zur Steuerung des Prozessors (316) versehen sein, so dass die Beleuchtungsvorrichtung (300) im Stand-Alone-Modus betrieben werden kann, gemäß den vorprogrammierten Instruktionen.

[0082] Die vorbeschriebenen Ausführungsformen einer Beleuchtungsvorrichtung (300) sitzen in einer jeglichen Anzahl von unterschiedlichen Gehäusen. Ein derartiges Gehäuse ist jedoch nicht notwendig, und die Beleuchtungsvorrichtung (300) kann auch ohne Gehäuse verwendet werden, um immer noch eine Beleuchtungsvorrichtung zu bilden. Ein Gehäuse kann vorgesehen sein, um das resultierende erzeugte Licht einer Linse zu unterwerfen und kann Schutz bieten für die Beleuchtungsvorrichtung (300) und deren Komponenten. Ein Gehäuse kann in einer Beleuchtungsvorrichtung eingesetzt werden, da dieser Begriff im ganzen Dokument verwendet wird. Die **Fig. 4** zeigt eine Explosionsdarstellung einer Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung. Die dargestellte Ausführungsform weist einen im wesentlichen zylindrischen Körperabschnitt (362), eine Beleuchtungsvorrichtung (364), eine leitende Hülse (368), ein Energiemodul (372), eine zweite leitende Hülse (374), und eine Deckelplatte (378) auf. Es soll hier angenommen werden, dass die Beleuchtungsvorrichtung (364) und das Energiemodul (372) die elektrische Struktur und die Software der Beleuchtungsvorrichtung (300), ein un-

terschiedliches Energiemodul und eine unterschiedliche Beleuchtungsvorrichtung (300), wie im Stand der Technik oder, wie in der US-Patentanmeldung Nr. 09/215,624 beschrieben, enthalten, deren gesamte Offenbarung hier durch Bezugnahme eingebracht wird. Schrauben (382), (384), (386), (388) erlauben dem gesamten Gerät, mechanisch verbunden zu sein. Der Körperabschnitt (362), die leitenden Hälse (364) und (374) und die Deckelplatte (378) sind vorzugsweise aus einem Material gebildet, das Wärme leitet, wie beispielsweise Aluminium. Der Körperabschnitt (362) hat ein Emissionsende (361), einen reflektierenden Innenabschnitt (nicht dargestellt) und ein Beleuchtungsende (363). Das Beleuchtungsmodul (364) ist mechanisch mit dem Beleuchtungsende (363) befestigt. Dieses Emissionsende (361) kann offen sein, oder kann in einer Ausführungsform an einem Filter (391) befestigt sein. Der Filter (391) kann ein Klarfilter, ein Difusionsfilter, ein farblicher Filter, oder jeglicher anderer im Stand der Technik bekannte Filter sein. In einer Ausführungsform ist der Filter permanent an dem Körperabschnitt (362) befestigt, jedoch in anderen Ausführungsformen kann der Filter entferbar befestigt sein. In einer weiteren Ausführungsform muss der Filter (391) nicht mit dem Emissionsende (361) des Körperabschnitts (362) verbunden sein, kann jedoch irgendwo in der Richtung der Lichtemission von der Beleuchtungsvorrichtung (364) eingesetzt sein. Die Beleuchtungsvorrichtung (364) kann scheibenförmig mit zwei Seiten sein. Die Beleuchtungsseite (nicht dargestellt) weist eine Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen auf, die eine vorbestimmte Auswahl von verschiedenen Spektren von Licht erzeugen. Die Verbindungsseite kann eine Elektroverbindereinsteckzapfenanordnung (392) halten. Sowohl die Beleuchtungsseite als auch die Verbindungsseite können mit Aluminiumoberflächen beschichtet sein, um besser die Wärmeleitung aus der Mehrzahl der Einzelbeleuchtungsquellen zu dem Körperabschnitt (362) zu ermöglichen. Ähnlich ist das Energiemodul (372) von allgemeiner Scheibenform und kann aus dem gleichen Grund jegliche vorhandene Oberfläche mit Aluminium beschichtet haben. Das Energiemodul (372) hat eine Verbindungsseite, die eine elektrische Verbindungszapfenaufnahmeanordnung (394) aufweist, die in der Lage ist, die Zapfen von der Anordnung (392) aufzunehmen. Das Energiemodul (372) weist eine Energieendseite auf, die einen Anschluss (398) hält, zur Verbindung mit einer Energiequelle, wie beispielsweise einer AC- oder DC-Stromquelle. Jede Standard-AC oder -DC-Verbindung kann dabei in geeigneter Weise verwendet werden.

[0083] Zwischen der Beleuchtungsvorrichtung (362) und dem Energiemodul (372) befindet sich eine Aluminiumhülse (368), die im Wesentlichen den Raum zwischen den Modulen (362) und (372) umschließt. Wie dargestellt können eine scheibenförmige Abdeckplatte (378) und Schrauben (382), (384), (386)

und (388) die Komponenten miteinander abdichten, und die leitende Hülse (374) ist somit zwischen Abdeckplatten (378) und dem Energiemodul (372) eingesetzt. Alternativ kann ein Verfahren der Verbindung anders als die Schrauben (382), (384), (386) und (388) verwendet werden, um die Struktur zusammen abzudichten. Einmal als Einheit zusammen abgedichtet kann die Beleuchtungsvorrichtung (362) mit dem Datennetzwerk, wie oben beschrieben, verbunden werden und kann in jeglicher geeigneter Art angebracht werden, um einen Bereich zu beleuchten.

[0084] Die **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen eine alternative Beleuchtungsvorrichtung einschließlich eines Gehäuses, das in einer anderen Ausführungsform der Erfindung Verwendung finden könnte. Die dargestellte Ausführungsform weist einen unteren Körperabschnitt (5001), einen oberen Körperabschnitt (5003) und eine Beleuchtungsvorrichtung (5005) auf. Auch hier kann die Beleuchtungsvorrichtung die Beleuchtungsvorrichtung (300), eine gegenüber dem Stand der Technik unterschiedliche Beleuchtungsvorrichtung, oder eine Beleuchtungsvorrichtung enthalten, die irgendwo anders in diesem Dokument beschrieben ist. Die Beleuchtungsvorrichtung (5005), die hier gezeigt ist, ist so gestaltet, dass sie eine lineare Reihe von Einzelbeleuchtungsvorrichtungen aufweist (in diesem Fall LEDs (5007)), obwohl eine solche Ausgestaltung nicht notwendig ist. Ein derartiges Design ist für eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung jedoch wünschenswert. Zusätzlich ist die lineare Reihe der Einzelbeleuchtungsquellen in **Fig. 5a** als Einzelreihe ausgebildet, es können jedoch mehrere lineare Reihen verwendet werden, wie das vom Durchschnittsmann verstanden werden würde. In einer Ausführungsform der Erfindung kann der obere Körperabschnitt (5003) einen Filter wie er oben beschrieben wurde, aufweisen, oder kann durchsichtig oder transparent, halbdurchsichtig oder halbtransparent sein. Weiterhin ist in **Fig. 5a** der optionale Halter bzw. die optionale Halterung (5010) dargestellt, die verwendet werden kann, um die Beleuchtungsvorrichtung (5000) zu halten. Die Halterung (5010) weist Cliphalterungen (5012) auf, die verwendet werden, um reibschlüssig die Beleuchtungsvorrichtung (5000) aufzunehmen, um eine besondere Ausrichtung der Beleuchtungsvorrichtung (5000) bezüglich der Halterung (5010) zu ermöglichen. Die Halterung weist auch eine Halteplatte (5014) auf, die an den Cliphalterungen (5012) durch eine jegliche Art von im Stand der Technik bekannten Befestigungen befestigt werden kann, entweder dauerhaft, entfernbare, oder nur zeitlich. Die Befestigungsplatte (5014) kann dann verwendet werden, um die gesamte Vorrichtung auf einer Oberfläche anzubringen, wie beispielsweise, jedoch nicht darauf beschränkt, einer Wand oder einer Decke.

[0085] In einer Ausführungsform weist die Beleuchtungsvorrichtung (5000) eine allgemein zylindrische

Form auf, wenn sie zusammengesetzt ist (wie in **Fig. 5b** gezeigt) und demzufolge kann sie sich bewegen oder auf einer Oberfläche "rollen". Zusätzlich kann in einer Ausführungsform die Beleuchtungsvorrichtung (**5000**) allein Licht durch den oberen Körperabschnitt (**5003**) emittieren und nicht durch den unteren Körperabschnitt (**5001**). Ohne Halterung (**5010**) kann das Ausrichten des Lichts, das von der Beleuchtungsvorrichtung (**5000**) emittiert wird schwierig sein, und eine Bewegung kann dazu führen, dass das Licht in ungewünschter Weise in eine andere Richtung gelenkt wird.

[0086] In einer Ausführungsform der Erfindung wird ersichtlich, dass vorspezifizierte Bereiche von zur Verfügung stehenden Farben gewünscht sein können, und es kann ebenso gewünscht sein, die Beleuchtungsvorrichtungen derart zu bauen, dass die Beleuchtung des Beleuchtungsgeräts für eine bestimmte Farbe darin maximiert wird. Dies wird am besten durch ein Zahlenbeispiel gezeigt. Nehmen wir an, dass eine Vorrichtung 30 Einzelbeleuchtungsquellen in drei unterschiedlichen Wellenlängen enthält, einem Grundrot, einem Grundblau und einem Grundgrün (wie beispielsweise als individuelle LEDs). Zusätzlich nehmen wir an, dass eine jede dieser Lichtquellen dieselbe Lichtstärke erzeugt, sie erzeugen nur unterschiedliche Farben. Nun gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Wegen, dass die 30 Einzelbeleuchtungsquellen für jede vorgegebene Beleuchtungsvorrichtung ausgewählt werden können. Es können 10 von jeder der Beleuchtungsquellen oder alternativ können 30 erste blaue Beleuchtungsquellen vorhanden sein. Es sollte offensichtlich sein, dass diese Beleuchtungsvorrichtungen nützlich sind für unterschiedliche Typen der Beleuchtung. Die zweite Lichtvorrichtung erzeugt mehr intensives Grundblaues Licht (es gibt 30 Quellen des blauen Lichts) als die erste Lichtquelle (die nur 10 Grundblaue Lichtquellen aufweist, die verbliebenen 20 Lichtquellen müssen von der Erzeugung des Grundblauen Lichts abgeschaltet sein), aber sie ist darauf begrenzt, nur Grundblaues Licht zu erzeugen. Die zweite Beleuchtungsvorrichtung kann mehrere Farben von Licht erzeugen, da die Spektren der Einzelbeleuchtungsquellen in verschiedenen Prozentmengen gemischt werden können, sie können jedoch nicht so intensiv blaues Licht erzeugen. Es sollte aus diesem Beispiel offensichtlich sein, dass die Wahl der Einzelbeleuchtungsquellen das Ergebnisspektrum des Lichts, das die Vorrichtung erzeugen kann, sich ändern kann. Es sollte auch offensichtlich sein, dass die gleiche Auswahl von Komponenten Lichter erzeugen kann, die die gleichen Farben erzeugen können, jedoch auch jene Farben mit unterschiedlichen Stärken erzeugen kann. Um dies anders auszudrücken, wird die maximale Leistung einer Beleuchtungsvorrichtung (der Punkt wo alle Einzelbeleuchtungsquellen sich bei einem Maximum befinden)

den) unterschiedlich sein, abhängig von den Einzelbeleuchtungsquellen.

[0087] Ein Beleuchtungssystem kann entsprechend spezifiziert werden unter Verwendung eines Voll-An-Punktes und eines Bereichs von wählbaren Farben. Dieses System weist eine Vielzahl von möglichen Applikationen auf, wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, Verkaufsanzeigenbeleuchtung und Theaterbeleuchtung. Vielfach wird eine Vielzahl von Beleuchtungsvorrichtungen mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Farben verwendet, um eine Bühne oder einen anderen Bereich mit interessanten Schatten bzw. Schattierungen und wünschenswerten Eigenschaften zu beleuchten. Es können jedoch Probleme entstehen, da die regelmäßig verwendeten Lampen ähnliche Lichtstärken aufweisen bevor Lichtfilter verwendet werden, um die Farben dieser Vorrichtung zu spezifizieren, aufgrund der Unterschiede in der Übertragung der verschiedenen Filter (beispielsweise verlieren blaue Filter oftmals signifikant mehr Lichtstärke als rote Filter), so dass die Beleuchtungsvorrichtungen eine gesteuerte Intensität haben müssen, um zu kompensieren. Aus diesem Grunde werden Beleuchtungsvorrichtungen bei weniger als ihrer vollen Leistung (um Mischen zu erlauben) betrieben, was erfordert, dass zusätzliche Beleuchtungsvorrichtungen verwendet werden. Mit den Beleuchtungsvorrichtungen der vorliegenden Erfindung, können die Beleuchtungsvorrichtungen so ausgestaltet sein, dass sie spezielle Farben bei identischer Intensität der gewählten Farben erzeugen, wenn sie mit ihrem vollen Potenzial arbeiten. Dies kann in einfacheres Mischen des resultierenden Lichts ermöglichen und kann in weiteren Optionen für ein Lichtdesignschema resultieren.

[0088] Ein derartiges System ermöglicht der Person, Beleuchtungsvorrichtungen aufzubauen oder zu gestalten, um Lichter zu erzeugen, die einen vorgewählten Bereich von Farben erzeugen können, während die Intensität des Lichts bei den bestimmten, meist gewünschten Farben maximiert werden kann. Diese Beleuchtungsvorrichtungen schaffen dem Benutzer die Möglichkeit, bestimmte Farbe(n) der Beleuchtungsvorrichtungen für eine Anwendung auszuwählen, unabhängig von der relativen Intensität. Die Beleuchtungsvorrichtungen können dann so aufgebaut werden, dass die Intensität bei diesen Farben die gleichen sind. Nur das Spektrum wird geändert. Dies ermöglicht dem Benutzer auch, Beleuchtungsvorrichtungen auszuwählen, die eine besondere hochintensivfarbe von Licht erzeugen, und auch die Möglichkeit haben, nahe gelegene Farben von Licht in einem Bereich auszuwählen.

[0089] Der Farbbereich, der von der Beleuchtungsvorrichtung erzeugt werden kann anstelle des Voll-An-Punktes oder zusätzlich hierzu spezifiziert werden. Die Beleuchtungsvorrichtung kann dann mit

Steuersystemen versehen sein, die dem Benutzer der Beleuchtungsvorrichtung ermöglichen, intuitiv und leicht eine gewünschte Farbe aus dem verfügbaren Bereich auszuwählen.

[0090] Eine Ausführungsform eines solchen Systems arbeitet dadurch, dass es die Spektren einer jeden Einzelbeleuchtungsquelle speichert. In dieser Ausführungsform sind die Beleuchtungsquellen LEDs. Durch Auswahl unterschiedlicher Einzel-LEDs mit unterschiedlichen Spektren kann der Designer den Farbbereich einer Beleuchtungsvorrichtung definieren. Ein leichter Weg, den Farbbereich zu visualisieren, ist derjenige, das CIE-Diagramm zu verwenden, das den gesamten Lichtbereich von allen Farben von Licht, die existieren, zeigt. Eine Ausführungsform eines Systems schafft ein lichtraubendes Interface, wie beispielsweise ein interaktives Computerinterface. **Fig. 6** zeigt eine Ausführungsform eines interaktiven Computerinterfaces, das einem Nutzer oder Bediener ermöglicht, ein CIE-Diagramm (**508**) zu sehen, auf dem das Farbspektrum, das eine Beleuchtungsvorrichtung erzeugen kann, angezeigt ist. In **Fig. 6** sind einzelne LED-Spektren in einem Speicher abgespeichert und können von dem Speicher aufgerufen werden, um für die Berechnung eines kombinierten Farbsteuerbereichs verwendet zu werden. Das Interface hat mehrere Kanäle (**502**) zur Auswahl der LEDs. Wenn ausgewählt kann die Veränderung des Intensitätsgleitbalkens (**504**) die relative Anzahl der LEDs dieses Chips in der daraus resultierenden Beleuchtungsvorrichtung ändern. Die Farbe einer jeden LED, die an einer Farbkarte, wie einem CIE-Diagramm (**508**) wird als ein Punkt (beispielsweise, Punkt (**506**)) dargestellt. Eine zweite LED kann auf einem anderen Kanal ausgewählt werden, um einen zweiten Punkt (beispielsweise, Punkt (**509**)) auf der CIE-Karte zu erzeugen. Eine Linie, die diese beiden Punkte verbindet, entspricht dem Ausmaß, mit dem die Farbe von diesen beiden LEDs gemischt werden kann, um zusätzliche Farben zu erzeugen. Wenn ein dritter und vierter Kanal verwendet wird, kann ein Bereich (**510**) auf dem CIE-Diagramm gezeichnet werden, was die möglichen Kombinationen der ausgewählten LEDs darstellt. Obwohl die hier dargestellte Fläche (**510**) ein Polygon mit vier Seiten ist, ist es für den Fachmann verständlich, dass das Feld (**510**) ein Punkt, eine Linie oder ein Polygon mit einer jeglichen Anzahl von Seiten sein kann, in Abhängigkeit von den ausgewählten LEDs.

[0091] Zusätzlich zum Spezifizieren des Farbbereichs können die Intensitäten bei jeder vorgegebenen Farbe von den LED-Spektren berechnet werden. Wenn man die Anzahl der LEDs für eine vorgegebene Farbe und die maximale Intensität eines jeden dieser LEDs weiß, kann die gesamte Lichtausgabe bei einer bestimmten Farbe berechnet werden. Ein Diamant oder ein anderes Symbol (**512**) kann auf das Diagramm gezeichnet werden, um die Farbe darzu-

stellen, wenn alle der LEDs bei voller Lichtstärke sind oder der Punkt kann die vorliegende Intensitätsauswahl darstellen.

[0092] Da eine Beleuchtungsvorrichtung aus einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen gebildet werden kann, wenn eine Beleuchtungsvorrichtung geschaltet wird, kann eine Farbe, die am meisten gewünscht ist, ausgewählt werden, und eine Beleuchtungsvorrichtung kann derart ausgestellt werden, dass sie die Intensität dieser Farbe maximiert.

[0093] Alternativ kann eine Vorrichtung ausgewählt werden und der Punkt der maximalen Intensität kann aus dieser Wahl bestimmt werden. Ein Werkzeug kann vorgesehen sein, um die Berechnung einer bestimmten Farbe bei einer maximalen Intensität dazu berechnen. Die **Fig. 6** zeigt ein solches Werkzeug als Symbol (**512**), wo das CIE-Diagramm auf einen Computer gesetzt ist, und Berechnungen können automatisch durchgeführt werden, um die Gesamtanzahl der LEDs zu berechnen, die notwendig ist, eine bestimmte Intensität, sowie die Rate der LEDs von unterschiedlichen Spektren, zur Erzeugung einer bestimmten Farbe, zu erzeugen. Alternativ kann eine Auswahl von LEDs getroffen werden und der Punkt der maximalen Intensität bestimmt werden, wobei beide Richtungen der Berechnung in den Ausführungsformen der Erfindung enthalten sind.

[0094] In **Fig. 6** bewegen sich, wenn die Anzahl der LEDs verändert wird, die maximalen Intensitätswerte, so dass der Benutzer ein Licht bilden kann, das einen maximalen Intensitätswert bei einem gewünschten Punkt hat. Demzufolge enthält das System in einer Ausführungsform der Erfindung eine Sammlung von Spektren eine Anzahl von unterschiedlichen LEDs, sieht ein Interface für einen Benutzer vor, um die LEDs auszuwählen, die einen Bereich von Farbe erzeugen sollen, der das gewünschte Feld umschließt, und ermöglicht einem Benutzer, die Anzahl eines jeden LED-Typs auszuwählen, derart, dass wenn die Einheit voll an ist, eine Zielfarbe erzeugt wird. In einer alternativen Ausführungsform müsste der Benutzer nur ein gewünschtes Spektrum eine Farbe oder eine Intensität liefern, und das System könnte eine Beleuchtungsvorrichtung erzeugen, die Licht entsprechend den Anforderungen erzeugen könnte.

[0095] Wenn das Licht einmal in einer Ausführungsform geschaffen wurde, ist es weiterhin wünschenswert, das Spektrum des Lichts leicht erreichbar für den Benutzer der Beleuchtungsvorrichtung zu machen. Wie oben ausgeführt kann die Beleuchtungsvorrichtung so ausgewählt worden sein, dass sie ein spezielles Feld von Beleuchtungsquellen hat, derart, dass eine spezielle Farbe bei maximaler Intensität erreicht wird. Jedoch können andere Farben, die erzeugt werden können, vorhanden sein, durch Verändern der relativen Intensitäten der Einzelbeleuch-

tungsquellen. Das Spektrum der Beleuchtungsvorrichtung kann innerhalb des vorbestimmten Bereichs, spezifiziert durch die Fläche (510), gesteuert werden. Um die Lichtfarbe innerhalb des Bereichs zu steuern, wird darauf hingewiesen, dass eine jede Farbe innerhalb des Polygons die additive Mischung der Einzel-LEDs ist, von denen jede Farbe in den Komponenten enthalten ist, die unterschiedliche Intensität aufweisen. Das bedeutet, dass von einem Punkt in **Fig. 6** zu einem zweiten Punkt in **Fig. 6** gegangen wird, wobei es notwendig ist, die relativen Intensitäten der einzelnen LEDs zu verändern. Dies kann weniger als intuitiv sein für den Endbenutzer der Beleuchtungsvorrichtung, der nur eine bestimmte Farbe oder eine bestimmte Übertragung zwischen Farben möchte und nicht die relativen Intensitäten, die verschoben werden sollen, kennt. Dies trifft besonders dann zu, wenn die LEDs, die verwendet werden, kein Spektrum mit einer einzigen gut bestimmten Farbspitze aufweisen. Eine Beleuchtungsvorrichtung kann in der Lage sein, 100 Schattierungen von orange zu erzeugen, jedoch um zu einer jeden dieser Schattierungen zu gelangen, kann eine Steuerung notwendig sein.

[0096] Um in der Lage zu sein, eine solche Steuerung des Spektrums des Lichts auszuführen, ist es in einer Ausführungsform wünschenswert, ein System und ein Verfahren zum Verbinden der Farbe des Lichts mit einer Steuervorrichtung zur Steuerung der Lichtfarbe zu schaffen. Da die Beleuchtungsvorrichtung kundenspezifisch sein kann, kann es in einer Ausführungsform wünschenswert sein, dass die Intensitäten einer jeden der Einzelbeleuchtungsquellen zu einem gewünschten Ergebnisspektrum von Licht "gemappt" ist, und ermöglicht, dass ein Punkt auf der Karte von der Steuerung ausgewählt wird. D. h., ein Verfahren, wodurch mit der Spezifikation einer besonderen Farbe des Lichts durch eine Steuerung, die Beleuchtungsvorrichtung die geeignete Beleuchtungsquelle mit der geeigneten Intensität anmachen kann, um diese Farbe von Licht zu erzeugen. In einer Ausführungsform kann die Beleuchtungsvorrichtungsdesignsoftware, dargestellt in **Fig. 6**, so ausgestaltet sein, dass sie ein Abbild zwischen einer gewünschten Farbe, die erzeugt werden kann (innerhalb der Fläche (510)), erzeugen kann, und die Intensitäten der einzelnen LEDs, die die Beleuchtungsvorrichtung bilden. Dieses Abbild besteht in einer oder zwei Formen: 1) einer Nachschlagtabelle, oder 2) einer parametrischen Gleichung, obwohl andere Formen verwendet werden können, wie es dem Durchschnittsfachmann bekannt sein würde. Software an Board der Beleuchtungsvorrichtung (wie in dem obigen Prozessor (316)) oder an Board einer Lichtsteuerung, wie einer aus dem Stand der Technik, oder oben beschrieben, kann so gestaltet werden, dass sie die Eingabe eines Benutzers durch Wahl einer Farbe und Erzeugen eines gewünschten Lichts.

[0097] Dieses Abbilden kann durch eine Vielzahl von Verfahren durchgeführt werden. In einer Ausführungsform sind Statistiken über eine jede einzelne Einzelbeleuchtungsquelle innerhalb der Beleuchtungsvorrichtung bekannt, so dass mathematische Berechnungen durchgeführt werden können, um ein Verhältnis zwischen dem resultierenden Spektrum und den Einzelspektren zu erzeugen. Derartige Berechnungen werden von dem Durchschnittsfachmann sehr gut verstanden.

[0098] In einer anderen Ausführungsform kann ein externes Eichungssystem verwendet werden. Eine Ausbildung eines solchen Systems ist in **Fig. 7** dargestellt. Das hier dargestellte Eichungssystem umfasst eine Beleuchtungsvorrichtung (2010) die mit einem Prozessor (2020) verbunden ist, und die einen Eingang von einem Lichtsensor oder -umwandler (2034) empfängt. Der Prozessor (2020) kann der Prozessor (316) oder kann ein zusätzlicher oder ein alternativer Prozessor sein. Der Sensor (2034) misst Farbeigenschaften und optional die Leuchttstärke, des Lichtausgangs von der Beleuchtungsvorrichtung (2010) und/oder des Umgebungslichts, und der Prozessor (2020) verändert den Ausgang der Beleuchtungsvorrichtung (2010). Zwischen diesen beiden Vorrichtungen wird die Leuchttstärke oder die Farbe des Ausgangs moduliert und die Leuchttstärke und die Farbe des Ausgangs gemessen, wobei die Beleuchtungsvorrichtung geeicht werden kann, wo die relativen Einstellungen der Einzelbeleuchtungsquellen (oder Prozessoreinstellungen (2020)) direkt in Bezug gesetzt werden zu dem Ausgang der Vorrichtung (2010) (den Lichtsensor (2034) Einstellungen). Da der Sensor (2034) das reine Spektrum, das von der Beleuchtungsvorrichtung erzeugt wird, erfassen kann, kann er dazu verwendet werden, eine direkte Abbildung zu liefern, durch Bezugsetzen des Ausgangs der Beleuchtungsvorrichtung mit den Einstellungen der einzelnen LEDs.

[0099] Wenn das Abbilden (mapping) beendet ist, können andere Verfahren oder Systeme für die Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung verwendet werden. Derartige Verfahren oder Systeme ermöglichen die Bestimmung einer bestimmten Farbe und die Erzeugung dieser Farbe durch die Beleuchtungsvorrichtung.

[0100] **Fig. 8a** zeigt eine Ausführungsform eines Systems (2000) wo ein Steuersystem (2030) in Verbindung mit einer Beleuchtungsvorrichtung (2010) verwendet werden kann, um die Steuerung der Beleuchtungsvorrichtung (2010) zu ermöglichen. Das Steuerungssystem (2030) kann automatisch sein, kann eine Eingabe von einem Benutzer akzeptieren, oder kann eine Kombination aus beiden sein. Das System (2000) kann auch einen Prozessor (2020) aufweisen, der der Prozessor (316) sein kann oder

ein anderer Prozessor, um dem Licht zu ermöglichen, die Farbe zu wechseln.

[0101] Fig. 9 zeigt eine noch speziellere Ausführungsform eines Systems (2000), ein Benutzercomputerinterfacesteuersystem (2032), mit dem ein Benutzer eine gewünschte Farbe von Licht auswählen kann, was als Steuersystem (2030) verwendet wird. Dies kann das Benutzerinterface (401) sein oder kann ein anderes Interface sein. Das Interface könnte einen jeglichen Typ von Benutzerinteraktion in der Bestimmung der Farbe ermöglichen. Beispielsweise kann das Interface eine Palette, ein Farbartdiagramm, oder ein anderes Farbschema liefern, aus dem ein Benutzer eine Farbe auswählen kann, beispielsweise durch Klicken mit einer Maus auf eine geeignete Farbe oder Farbtemperatur auf dem Interface, Verändern einer Variable unter Verwendung einer Tastatur, etc. Das Interface kann ein Anzeigebildschirm, eine Computertastatur, eine Maus, ein Trackpad, oder ein jegliches anderes geeignetes System für die Interaktion zwischen dem Prozessor und einem Benutzer umfassen. In bestimmten Ausführungsformen kann das System dem Benutzer ermöglichen, einen Satz von Farben für wiederholte Verwendung auswählen zu lassen, der schnell erreicht werden kann, beispielsweise durch Vorsehen eines einfachen Codes, wie beispielsweise eines einzigen Buchstabens oder einer einzigen Zahl, oder Auswahl eines Satzes von vorgewählten Farben über ein Interface, wie oben beschrieben. In gewissen Ausführungsformen kann das Interface auch eine Nachschlagtabelle umfassen, die in der Lage ist, Farbnamen mit ungefährer Schattierung zu verbinden, die Farbkoordinaten von einem System (beispielsweise RGB, CYM, YIQ, YUV, HSV, HLS, XYZ, etc.) in ein unterschiedliches Farbkoordinatensystem oder zu einer Anzeige oder Beleuchtungsfarbe, oder einer jeglichen anderen Konversionsfunktion zu konvertieren, um den Benutzer bei der Handhabung der Beleuchtungsfarbe zu unterstützen. Das Interface kann auch eine oder mehrere Geschlossenformgleichungen umfassen, zur Konvertierung von, beispielsweise einer benutzerspezifizierten Farbtemperatur (in Zusammenhang mit einer speziellen Farbe von Weißlicht), zu geeigneten Signalen für die unterschiedlichen Einzelbeleuchtungsquellen der Beleuchtungsvorrichtung (2010). Das System kann weiterhin einen Sensor wie weiter unten beschrieben umfassen, zur Lieferung von Informationen zu dem Prozessor (2020), beispielsweise zum automatischen Eichen der Farbe von emittiertem Licht der Beleuchtungsvorrichtung (2010), um die Farbe zu erhalten, die von dem Benutzer auf dem Interface ausgewählt wurde.

[0102] In einer anderen Ausführungsform wird ein manuelles Steuersystem (2036) in dem System (2000) verwendet, wie in Fig. 10a dargestellt, wie beispielsweise ein Wähler, ein Schieber, ein Schalter, ein multipolaren Schalter, eine Konsole, eine an-

dere Lichtsteuereinheit, oder eine jegliche andere Steuerung oder Kombination von Steuerungen, um dem Benutzer zu ermöglichen, die Beleuchtungsbedingungen soweit zu ändern, bis die Beleuchtungsbedingungen oder das Erscheinen eines Subjekts, das beleuchtet ist, wünschenswert ist. Beispielsweise kann eine Wälscheibe oder ein Schieber in einem System verwendet werden, um das reine Farbspektrum, das erzeugt wird, die Beleuchtung entlang der Farbtemperaturkurve oder jede andere Modulation der Farbe der Beleuchtungsvorrichtung zu modulieren. Alternativ können ein Joystick, ein Roller- oder Trackball, ein Trackpad, eine Maus, ein Dauermenrad, eine druckempfindliche Oberfläche, oder eine Konsole mit zwei oder mehr Schiebern, Wälscheiben oder anderen Steuermitteln verwendet werden, um die Farbe, die Temperatur oder das Spektrum zu modulieren. Diese manuellen Steuerungen können in Verbindung mit einem Computerinterfacesteuersystem (2032), wie oben beschrieben, verwendet werden, oder können unabhängig verwendet werden, möglicherweise mit bezogenen Markierungen, um dem Benutzer zu ermöglichen, einen verfügbaren Farbbereich durchzusuchen.

[0103] Ein derartiges manuelles Steuersystem (2036) ist im Detail in Fig. 10b dargestellt. Die dargestellte Steuereinheit zeigt eine Wälscheibe, die markiert ist, um einen Bereich von Farbtemperaturen anzugeben, beispielsweise von 3000 K bis 10.500 K. Diese Vorrichtung würde auf einer Beleuchtungsvorrichtung nützlich sein, die verwendet wird, um einen Bereich von Temperaturen ("Farben") von Weißlicht zu erzeugen, wie dies unten beschrieben ist. Es würde von dem Durchschnittsfachmann verstanden werden, dass breitere, engere oder überlappende Bereiche verwendet werden können, und ein ähnliches System könnte verwendet werden, zur Steuerung von Beleuchtungsvorrichtungen, die Licht eines bestimmten Spektrum neben weiß oder nichtweiss enthaltend, erzeugen können. Ein manuelles Steuersystem (2036) kann als ein Teil eines Prozessors umfasst sein, der ein Feld von Beleuchtungseinheiten steuert, verbunden mit einem Prozessor, beispielsweise als eine Peripheriekomponente eines Lichtsteuersystems, angeordnet auf einer Fernbedienung, die in der Lage ist, ein Signal zu übertragen, wie beispielsweise ein Infrarot- oder Mikrowellensignal, zu einem System, das eine Beleuchtungseinheit steuert, oder ausgebildet und ausgestaltet in einer jeglichen anderen Weise ist, was leicht von dem Durchschnittsfachmann verstanden wird. Zusätzlich kann anstelle einer Wälscheibe ein manuelles Steuersystem (2036), eine Wälscheibe, eine Maus, oder eine jegliche andere Steuer- oder Eingabevorrichtung aufweisen, die für die Verwendung in den Systemen und den Verfahren, die hierin beschrieben sind geeignet ist.

[0104] In einer weiteren Ausführungsform kann das Eichungssystem, dargestellt in **Fig. 7**, als Steuersystem oder als ein Teil eines Steuersystems funktionieren. Beispielsweise kann eine ausgewählte Farbe durch die Bedienungsperson eingegeben werden und das Eichungssystem kann das Spektrum von Umgebungslicht messen, das gemessene Spektrum mit dem Gerätespektrum vergleichen, die Farbe des Lichts, das von der Beleuchtungsvorrichtung (**2010**) erzeugt wird, einstellen, und die Prozedur wiederholen, um die Unterschiede zwischen dem gewünschten Spektrum und dem gemessenen Spektrum zu minimieren. Beispielsweise, kann, wenn das gemessene Spektrum, wenn mit dem Zielspektrum verglichen, zu wenig rote Wellenlängen aufweist, der Prozessor die Beleuchtungsstärke der roten LEDs in der Beleuchtungsvorrichtung erhöhen, die Beleuchtungsstärke der braunen und grünen LEDs in der Beleuchtungsvorrichtung verringern, oder beides, um den Unterschied zwischen dem gemessenen Spektrum und dem Zielspektrum zu minimieren und möglicherweise auch die Zielbeleuchtungsstärke (d. h. die maximale mögliche Beleuchtungsstärke dieser Farbe) erreicht wird. Das System könnte auch dazu verwendet werden, eine Farbe, die von der Beleuchtungsvorrichtung erzeugt wird, einer natürlich existierenden Farbe anzupassen. Beispielsweise kann ein Filmdirektor Licht an einem Ort finden, wo nicht gefilmt wird, und das Licht unter Verwendung des Sensors messen. Dies könnte dann die gewünschte Farbe liefern, die von der Beleuchtungsvorrichtung erzeugt werden muss. In einer Ausführungsform können diese Aufgaben gleichzeitig durchgeführt werden (möglicherweise unter Verwendung von zwei getrennten Sensoren). In einer noch weiteren Ausführungsform kann der Direktor entfernt eine Lichtbedingung mit einem Sensor (**2034**) messen und diese Lichtbedingung in einem Speicher abspeichern, der dem Sensor (**2034**) zugeordnet ist. Der Speicher des Sensors kann dann zu einer späteren Zeit zu dem Prozessor (**2020**) überführt werden, der die Beleuchtungsvorrichtung so einstellen kann, dass sie das aufgenommene Licht emittiert. Dies ermöglicht einem Direktor ein "Gedächtnis einer gewünschten Beleuchtung" zu schaffen, was abgespeichert und später wiederbelebt werden kann, durch Beleuchtungsvorrichtungen wie sie oben beschrieben wurden.

[0105] Der Sensor (**2034**), der verwendet wird, um die Beleuchtungsbedingungen zu messen, kann eine Fotodiode, ein Fototransistor, ein Fotowiderstand, ein Radiometer, ein Fotometer, ein Farbmesser, ein spektrales Radiometer, eine Kamera, eine Kombination von zwei oder mehreren der vorhergehenden Vorrichtungen, oder ein jegliches anderes System sein, das in der Lage ist, Farbe oder Beleuchtungsstärke von Beleuchtungsbedingungen zu messen. Ein Beispiel eines solchen Senders kann sein, das IL-2000-SpektroCube Spektroradiometer, das von der International Light Inc. zum Verkauf angebo-

ten wird, obwohl jeder andere Sensor verwendet werden kann. Ein Farbmesser oder ein spektrales Radiometer ist vorteilhaft, da eine Anzahl von Wellenlängen gleichzeitig erfasst werden kann, wodurch eine genaue Messung der Farbe und der Beleuchtungsstärke gleichzeitig ermöglicht wird. Ein Farbtemperatursensor, der in den Systemen und Verfahren verwendet werden kann, die hierin beschrieben sind, ist in dem US-Patent Nr. 5,521,780 beschrieben.

[0106] In Ausführungsformen, in denen der Sensor (**2034**) ein Bild erfasst, beispielsweise eine Kamera oder andere Videoaufnahmegeräte umfasst, kann der Prozessor (**2020**) die Beleuchtungsbedingungen mit der Beleuchtungsvorrichtung (**2010**) so lange modulieren, bis ein beleuchtetes Objekt im Wesentlichen gleich erscheint, beispielsweise im Wesentlichen mit derselben Farbe wie in dem vorhergehend aufgenommenen Bild. Ein solches System vereinfacht Vorgänge bei Kinomachern, beispielsweise um eine konsistente Erscheinung eines Objekts zu erzeugen, um die Kontinuität zwischen Szenen eines Films zu unterstützen, oder bei Fotografen, beispielsweise um zu versuchen, Beleuchtungsbedingungen von einem früheren Schuss bzw. einer früheren Aufnahme zu reproduzieren.

[0107] In bestimmten Ausführungsformen kann die Beleuchtungsvorrichtung (**2010**) als die einzige Lichtquelle verwendet werden, während in anderen Ausführungsformen, wie beispielsweise in **Fig. 8b** dargestellt, die Beleuchtungsvorrichtung (**2010**) in Kombination mit einer zweiten Lichtquelle (**2040**), wie beispielsweise einer weißglühenden, fluoreszenten, Halogen- oder anderen LED-Quellen oder Einzelbeleuchtungsquellen (einschließlich jener mit und ohne Steuerung), Lichter, die mit einer pulsbreiten Modulation gesteuert werden, Sonnenlicht, Mondlicht, Kerzenlicht, etc. verwendet werden kann. Diese Verwendung kann der Unterstützung des Ausgangs der zweiten Quelle dienen. Beispielsweise, kann ein fluoreszierendes Licht, das Beleuchtung emittiert, die schwach in Rotteilen des Spektrums ist, unterstützt werden von einer Beleuchtungsvorrichtung, die mehr rote Wellenlängen emittiert, um Beleuchtungsbedingungen zu schaffen, die dem natürlichen Sonnenlicht näher sind. Ähnlich können solche Systeme auch nützlich bei Bildaufnahmesituationen im Freien sein, weil die Farbtemperatur von natürlichem Licht sich ändern, wenn sich die Position der Sonne ändert. Eine Beleuchtungsvorrichtung (**2010**) kann in Verbindung mit einem Sensor (**2034**) als Steuerung (**2030**) verwendet werden, um die Änderungen im Sonnenlicht zu kompensieren, um konstante Beleuchtungsbedingungen für die Dauer der Aufnahmen beizubehalten.

[0108] Ein jegliches der oben beschriebenen Systeme könnte in dem in **Fig. 11** dargestellten System verwendet werden. Ein Beleuchtungssystem für ei-

nen Ort kann eine Mehrzahl von Beleuchtungsvorrichtungen (2301) aufweisen, die durch ein zentrales Steuersystem (2303) steuerbar sind. Das Licht innerhalb des Ortes oder auf einem besonderen Ort (wie beispielsweise einer hier dargestellten Bühne (2305)) ist nunmehr gewünscht, um einen anderen Typus von Licht, wie beispielsweise Sonnenlicht, zu emittieren. Ein erster Sensor (2307) ist außen angeordnet und das natürliche Sonnenlicht (2309) wird gemessen und aufgezeichnet. Diese Aufzeichnung wird dann dem zentralen Steuersystem (2303) zur Verfügung gestellt. Ein zweiter Sensor (der denselbe Sensor in Ausführungsform sein kann) (2317) befindet sich auf der Bühne (2305). Das zentrale Steuersystem (2309) steuert nun die Intensität und die Farbe der Mehrzahl der Beleuchtungsvorrichtungen (2301) und versucht das Eingangsspektrum des zweiten Sensors (2317) mit dem Spektrum des vorher aufgezeichneten natürlichen Sonnenlichts (2309) in Übereinstimmung zu bringen. Auf diese Weise kann das Innenbeleuchtungsdesign auf dramatische Weise vereinfacht werden, da gewünschte Farben des Lichts in einem geschlossenen Schauplatz oder Szenario reproduziert oder simuliert werden können. Dies kann in einem Theater (wie hier gezeigt) oder in einem jeden anderen Ort, wie in einem Wohnhaus, einem Büro, einer Musikbühne, einem Verkaufsraum, oder jedem anderen Ort sein, wo künstliches Licht verwendet wird. Ein solches System könnte auch in Verbindung mit anderen sekundären Lichtquellen verwendet werden, um einen gewünschten Beleuchtungseffekt zu erzeugen.

[0109] Die oben aufgeführten Systeme ermöglichen die Erzeugung von Beleuchtungsvorrichtungen mit praktisch jeglichem Typus von Spektrum. Es ist oft gewünscht, ein Licht zu erzeugen, das "natürlich" erscheint, oder Licht, das ein hochqualitatives, insbesondere Weißlicht ist.

[0110] Eine Beleuchtungsvorrichtung, die Weißlicht gemäß der vorliegenden Erfindung erzeugt, kann jegliche Ansammlung von Einzelbeleuchtungsquellen aufweisen, derart, dass der Bereich, der von den Beleuchtungsquellen definiert ist, wenigstens einen Abschnitt der Schwarzkörperkurve einkapseln kann. Die Schwarzkörperkurve (104) in **Fig. 1** ist ein physikalisches Konstrukt, das bezüglich der Temperatur des Weißlichts unterschiedliche Weißlichtfarben zeigt. In einer bevorzugten Ausführungsform würde die Schwarzkörperkurve eingekapselt, wodurch der Beleuchtungsvorrichtung ermöglicht wird, jegliche Temperatur von Weißlicht zu erzeugen.

[0111] Für ein veränderliches Farb-Weißlicht mit der höchsten möglichen Intensität kann ein signifikanter Abschnitt der Schwarzkörperkurve eingeschlossen sein. Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Farbweisen entlang der Schwarzkörperkurve kann dann simuliert werden. Die maximale Beleuchtungsstärke,

die von diesem Licht erzeugt wird, kann entlang der Schwarzkörperkurve gesetzt werden. Durch Veränderung der Anzahl einer jeden Farb-LED (in **Fig. 6** rot, blau, bernsteinfarben und blaugrün) ist es möglich, den Ort des Voll-An-Punktes (Bezugsziffer (512) in **Fig. 6**) zu ändern. Beispielsweise kann die Voll-An-Farbe auf ungefähr 5400 K gesetzt werden (Mittagssonnenlicht, gezeigt bei Punkt (106) in **Fig. 1**), jedoch könnte auch jeder andere Punkt benutzt werden (zwei andere Punkte sind in **Fig. 1** dargestellt, welche einer Feuersglut und einer Weißglühlampe entsprechen). Eine derartige Beleuchtungsvorrichtung würde dann in der Lage sein, 5400 K Licht zu erzeugen mit einer hohen Intensität, wobei zusätzlich das Licht bei Temperaturunterschieden (beispielsweise bewölktes Sonnenlicht) durch Herumbewegen in der definierten Fläche eingestellt werden kann.

[0112] Obwohl das System Weißlicht mit einer veränderlichen Farbtemperatur erzeugt, ist eine hochqualitative Weißlichtquelle nicht notwendig. Eine Anzahl von Kombinationen von Farben von Beleuchtungsquellen kann ausgewählt werden, die die Schwarzkörperkurve einschließen, und die Qualität der daraus resultierenden Beleuchtungsvorrichtungen kann abhängig von der gewählten Beleuchtungsquelle variieren.

[0113] Da Weißlicht eine Mischung aus verschiedenen Wellenlängen von Licht ist, ist es möglich, Weißlicht basierend auf Lichtfarbkomponenten, die verwendet werden, um sie zu erzeugen, zu charakterisieren. Rot, grün und blau (RGB) können sich zusammensetzen, um weiß zu bilden; dies kann auch hellblau, bernsteinfarben und lavendel, oder zyan, magenta und gelb sein. Natürliches Weißlicht (Sonnenlicht) enthält ein praktisch kontinuierliches Spektrum von Wellenlängen über das vom Menschen sichtbare Band (und darüber hinaus). Dies kann gesehen werden durch Untersuchen des Sonnenlichts mit Prismen, oder bei Ansicht eines Regenbogens. Viele künstliche Weißlichter sind technisch für das menschliche Auge weiß, sie können jedoch ganz unterschiedlich erscheinen, wenn sie auf farbigen Flächen gezeigt werden, da sie kein praktisch kontinuierliches Spektrum aufweisen.

[0114] Als ein extremes Beispiel könnte man eine Weißlichtquelle schaffen, die zwei Laser verwendet (oder andere engbandoptische Quellen) mit komplementären Wellenlängen. Diese Quellen würden eine extrem enge Spektralbreite vielleicht 1 nm Breite aufweisen. Um das exemplarisch darzustellen, wählen wir Wellenlängen von 635 nm und 493 nm. Diese werden als komplementär angesehen, da sie additiv kombiniert ein Licht ergeben, das das menschliche Auge als weißes Licht erkennt. Die Intensitätsniveaus dieser beiden Laser kann auf eine bestimmte Energierate eingestellt werden, die weißes Licht erzeugt, das mit einer Farbtemperatur von 5000 K er-

scheint. Wenn diese Quelle auf eine weiße Oberfläche gerichtet wird, erscheint das reflektierte Licht als 5000 K Weißlicht.

[0115] Das Problem mit diesem Typus von Weißlicht ist jenes, dass es extrem künstlich erscheint, wenn es auf einer farbigen Oberfläche gezeigt wird. Eine farbige Oberfläche (im Gegensatz zu farbigem Licht) wird erzeugt, weil die Oberfläche unterschiedliche Wellenlängen des Lichts absorbiert und reflektiert. Wenn Weißlicht auf sie auftrifft, dass ein volles Spektrum aufweist (Licht mit allen Wellenlängen des sichtbaren Bandes bei einer vernünftigen Intensität) wird die Oberfläche perfekt absorbieren und reflektieren. Jedoch liefert das oben genannte Weißlicht nicht das komplette Spektrum. Um erneut ein extremes Beispiel anzugeben, wenn eine Oberfläche nur Licht von 500 nm bis 550 nm reflektiert, wird ein ziemlich dunkles grün im Vollspektrumlicht erscheinen, es wird jedoch als schwarz erscheinen (es absorbiert alle vorhandenen Spektren) in dem oben beschriebenen lasererzeugten künstlichen Weißlicht.

[0116] Weiterhin, gibt es, da der CRI-Index auf einer begrenzten Anzahl von Beobachtungen ruht, mathematische Löcher in den Verfahren. Da die Spektren für CRI-Farbmuster bekannt sind, ist es eine relativ vorwärtsweisende Übung, die optimalen Wellenlängen und minimalen Zahlen von Engbandquellen zu bestimmen, die benötigt werden, um einen hohen CRI zu erreichen. Diese Quelle wird die CRI-Messung verrückt machen, jedoch nicht den menschlichen Beobachter. Die CRI-Methode ist jedoch bestens für ein Abschätzen des Spektrums geeignet, das ein menschliches Auge sehen kann. Ein tägliches Beispiel ist die moderne kompakte Fluoreszenzlampe bzw. Leuchtstoffröhre. Sie hat einen ziemlich hohen CRI von 80 und eine Farbtemperatur von 2980 K, erscheint jedoch immer noch unnatürlich. Das Spektrum des kompakten Fluoreszenzens ist in **Fig. 27** dargestellt.

[0117] Aufgrund des Wunsches nach einem hochqualitativen Licht (insbesondere einem hochqualitativen Weißlicht), das über verschiedene Temperaturen oder Spektren variiert werden kann, weist eine weitere Ausführungsform dieser Erfindung Systeme und Verfahren zur Erzeugung eines höher qualitativen Weißlichts, durch Mischen der elektromagnetischen Strahlung von einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen, wie beispielsweise LEDs, auf. Dies wird durch Auswahl von LEDs erreicht, die ein Weißlicht liefern, das gezielt auf die Menschen-Auge-Interpretation von Licht, sowie auf den mathematischen CRI-Index ist. Dieses Licht kann dann in seiner Intensität maximiert werden, unter Verwendung des obigen Systems. Darüber hinaus, da die Farbtemperatur des Lichts gesteuert werden kann, kann das hochqualitative Weißlicht demzufolge noch die Steuerung, die oben diskutiert wurde, haben und

kann ein steuerbares hochqualitatives Licht sein, das ein hochqualitatives Licht über einen Bereich von Farben erzeugen kann.

[0118] Um ein hochqualitatives Weißlicht zu erzeugen, ist es notwendig, die Fähigkeit des menschlichen Auges zu untersuchen, Licht von unterschiedlichen Wellenlängen zu sehen und zu bestimmen, was ein Licht hochqualitativ macht.

[0119] In seiner einfachsten Definition liefert hochqualitatives Weißlicht wenig Beschädigung an farbigen Objekten, wenn diese unter ihm gesehen werden. Es macht deshalb Sinn, damit zu beginnen, ein hochqualitatives Licht, basierend auf dem was das menschliche Auge sieht, zu untersuchen. Allgemein wird als höchst qualitatives Weißlicht das Sonnenlicht oder ein vollspektrales Licht angesehen, da dies die einzige Quelle von "natürlichem" Licht ist. Zum Zwecke der hiesigen Offenbarung wird akzeptiert, dass Sonnenlicht ein hochqualitatives Weißlicht ist.

[0120] Die Empfindlichkeit des menschlichen Auges ist als photopische Antwort bekannt. Die photopische Antwort kann gedacht werden als eine Spektralübertragungsfunktion für das Auge, was bedeutet, dass sie angibt, wieviel einer Wellenlänge des Lichteinfalls von dem menschlichen Beobachter gesehen wird. Diese Empfindlichkeit kann grafisch ausgedrückt werden, als die spektrale Lichtfunktion $V\lambda$ (**501**), was in **Fig. 12** dargestellt ist.

[0121] Die photopische Antwort oder Wahrnehmung des Auges ist wichtig, da sie dazu verwendet werden kann, die Grenzen des Problems zur Erzeugung von Weißlicht (oder von jeglicher anderer Farbe von Licht) zu beschreiben. In einer Ausführungsform der Erfindung benötigt ein hochqualitatives Weißlicht nur das aufzuweisen, was das menschliche Auge "sehen" kann. In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann erkannt werden, dass das hochqualitative Weißlicht eine elektromagnetische Strahlung enthalten kann, die von dem menschlichen Auge nicht gesehen werden kann, jedoch in einer photobiologischen Antwort resultieren kann. Demzufolge kann hochqualitatives Weißlicht nur sichtbares Licht enthalten, oder kann sichtbares Licht und andere elektromagnetische Strahlung enthalten, die in einer photobiologischen Antwort resultieren kann. Dies wird allgemein eine elektromagnetische Strahlung geringer als 400 nm (ultraviolettes Licht) oder größer als 400 nm (Infrarotlicht) sein.

[0122] Unter Verwendung des ersten Teils der Beschreibung wird von der Quelle nicht verlangt, dass sie jegliche Energie oberhalb von 700 nm oder unterhalb von 400 nm aufweist, da das Auge nur eine minimale Wahrnehmung bei diesen Wellenlängen hat. Eine hochqualitative Quelle wäre vorzugsweise im Wesentlichen kontinuierlich zwischen diesen Wel-

Wellenlängen (anderenfalls könnten Farben beschädigt werden), kann jedoch gegenüber höheren oder geringeren Wellenlängen aufgrund der Empfindlichkeit für das Auge abfallen. Darüber hinaus ist die spektrale Verteilung von unterschiedlichen Temperaturen von Weißlicht unterschiedlich. Um dies zu verdeutlichen sind die Verteilungen von zwei Schwarzkörperquellen mit Temperaturen von 5000 K (**601**) und 2500 K (**603**) in **Fig.** 13 gezeigt, zusammen mit der spektralen Beleuchtungsfunktion (**501**) von **Fig.** 12.

[0123] Wie aus **Fig.** 13 ersichtlich ist die 5000 K-Kurve flach und zentriert, um 555 nm herum, mit nur einem geringen Abfall sowohl in die aufsteigende als auch absteigende Wellenlängenrichtung. Die 2500 K-Kurve ist stark gewichtet in Richtung höherer Wellenlängen. Diese Verteilung macht intuitiv Sinn, da niedrigere Farbtemperaturen als gelb bis rötlich erscheinen. Ein Punkt der sich durch Beobachtung dieser Kurven gegen die spektrale Leuchtkurve ergibt, ist jene, dass die photopische Wahrnehmung des Auges "gefüllt" ist. Dies bedeutet, dass jede Farbe, die beleuchtet wird, durch eine dieser Quellen von einem menschlichen Beobachter aufgenommen wird. Jegliche Löcher, d. h. Bereiche ohne spektrale Kraft, machen bestimmte Objekte als abnormal erscheinend. Dies ist der Grund, warum viele "Weiß"-Lichtquellen erscheinen, Farben zu beschädigen. Da die Schwarzkörperkurven kontinuierlich sind, wird sogar die dramatische Änderung von 5000 K zu 2500 K die Farben nur in Richtung rot verschieben, wodurch sie wärmer, jedoch nicht von Farbe entleert erscheinen. Dieser Vergleich zeigt, dass jede wichtige Spezifikation einer jeden hochqualitativen künstlichen Beleuchtungsvorrichtung ein kontinuierliches Spektrum ist über die photopische Antwort bzw. Wahrnehmung des menschlichen Beobachters.

[0124] Nach Untersuchung dieser Zusammenhänge des menschlichen Auges, würde eine Vorrichtung zur Erzeugung von steuerbarem hochqualitativem Weißlicht die folgenden Eigenschaften benötigen. Das Licht weist ein wesentlich kontinuierliches Spektrum über die für das menschliche Auge sichtbaren Wellenlängen auf, mit jeglichen Löchern oder Freiräumen angeordnet in Bereichen, wo das menschliche Auge weniger empfindlich ist. Zusätzlich, um ein hochqualitatives Weißlicht über einen Bereich von Temperaturen steuerbar zu machen, wäre es wünschenswert, ein Lichtspektrum zu erzeugen, das relativ gleiche Werte einer jeden Wellenlänge des Lichts hat, das jedoch auch unterschiedliche Wellenlängen in Bezug auf andere Wellenlängen dramatisch mehr oder weniger intensiv machen kann, abhängig von der gewünschten Farbtemperatur. Die klarste Wellenform, die solch eine Steuerung haben würde, würde benötigen, den Bereich der photopischen Wahrnehmung des Auges zu spiegeln, während sie bei den verschiedenen unterschiedlichen Wellenlängen immer noch steuerbar ist.

[0125] Wie oben ausgeführt wurde, können die herkömmlichen Mischverfahren, die Weißlicht erzeugen, ein Weißlicht erzeugen, dass technisch "weiß" ist, jedoch immer noch eine abnormale Erscheinung gegenüber dem menschlichen Auge erzeugen. Das CRI-Rating für diese Werte ist gewöhnlich extrem niedrig oder möglicherweise negativ. Dies ist deshalb so, weil wenn es keine Wellenlängen von Licht gibt, das bei der Erzeugung von Weißlicht vorliegt, es für ein Objekt einer Farbe es unmöglich ist, diese Wellenlänge zu reflektieren/zu absorbieren. In einem zusätzlichen Fall, da das CRI-Rating von acht speziellen Farbmustern abhängt, ist es möglich, einen hohen CRI zu erhalten, während man kein spezielles hochqualitatives Licht hat, da das Weißlicht besonders gut für diese speziellen Farbmuster spezifiziert durch das CRI-Rating funktioniert. D. h. ein hoher CRI-Index kann erhalten werden durch Weißlicht, gebildet auch acht 1 nm Quellen, die perfekt gebildet sind mit den acht CRI-Farbstrukturen. Dies ergibt jedoch keine hochqualitative Lichtquelle zur Beleuchtung anderer Farben.

[0126] Die Fluoreszenzlampe, gezeigt in **Fig.** 27, zeigt ein gutes Beispiel eines hohen CRI-Lichts, das nicht hochqualitativ ist. Obwohl das Licht von einer Fluoreszenzlampe weiß ist, ist es gebildet aus vielen Spitzen (wie beispielsweise **(201)** und **(203)**). Die Position dieser Spitzen wurde sorgfältig gebildet, so dass, wenn gemäß unter Verwendung der CRI-Muster gemessen, sie eine hohe Bewertung erreichen. Mit anderen Worten, diese Spitzen täuschen die CRI-Berechnung, jedoch nicht den menschlichen Beobachter. Das Ergebnis ist ein Weißlicht, das verwendbar jedoch nicht optimal ist (d. h. es erscheint künstlich). Die dramatischen Spitzen in dem Spektrum eines Fluoreszenzlichts ergeben sich auch klar aus **Fig.** 27. Diese Spitzen sind Teil des Grundes, dass fluoreszierendes Licht sehr künstlich wirkt. So gar wenn Licht innerhalb der Spektralsenke erzeugt wird, wird es von den Spitzen so dominiert, dass das menschliche Auge Schwierigkeiten hat, es zu sehen. Gemäß dieser Offenbarung kann ein hochqualitatives Weißlicht ohne die dramatischen Spitzen und Senken einer Fluoreszenzlampe erzeugt werden.

[0127] Eine spektrale Spitze ist der Intensitätspunkt einer bestimmten Farbe von Licht, das weniger Intensität an Punkten unmittelbar an beiden Seiten davon hat. Eine maximale Spektral spitze ist die höchste spektrale Spitze innerhalb des interessierten Bereichs. Es ist deshalb möglich eine Vielzahl von Spitzen in einem gewellten Abschnitt eines elektromagnetischen Spektrums zu haben, mit einer maximalen Spitze oder mit überhaupt keiner Spitze. Beispielsweise gibt es gemäß **Fig.** 12 in dem Bereich 500 nm bis 510 nm keine Spektral spitzen, da es keinen Punkt in dem Bereich gibt, der geringere Punkte an beiden Seiten davon aufweist.

[0128] Eine Senke ist das Gegenteil einer Spitzte und ist ein Punkt der ein Minimum darstellt und der Punkte von höherer Intensität auf beiden Seiten davon aufweist (ein umgekehrtes Plateau ist auch eine Senke). Ein spezielles Plateau kann auch eine Spektrumsspitze sein, wobei ein Plateau eine Mehrzahl von konkurrierenden Punkten derselben Intensität einschließt, wobei die Punkte auf beiden Seiten der Serie eine geringere Intensität aufweisen.

[0129] Es ist klar, dass die hochqualitätsweißlichtsimulierenden Schwarzkörperquellen keine signifikanten Spitzen und Senken innerhalb des Bereichs der photopischen Wahrnehmung des menschlichen Auges haben, wie in **Fig. 13** gezeigt. Das am Meisten künstliche Licht weist jedoch einige Spitzen und Senken in diesem Abschnitt, wie in **Fig. 27** gezeigt, auf, jedoch je geringer der Unterschied zwischen diesen Punkten desto besser. Dies trifft insbesondere für das Licht höherer Temperatur zu, wohingegen für Licht niedrigerer Temperatur die kontinuierliche Linie eine positive Neigung nach oben ohne Spitzen oder Senken aufweist, und Senken in den kürzeren Wellenlängenbereich wären weniger erkennbar als es eine kleine Spalte in den längeren Wellenlängen wäre.

[0130] Unter Berücksichtigung dieses Spitzen- und Senkenzusammenhangs mit dem hochqualitativen Weißlicht, ist das Folgende wünschenswert bei einem hochqualitativen Weißlicht bei einer Ausführungsform dieser Erfindung. Die niedrigste Senke in dem sichtbaren Bereich sollte eine größere Intensität haben als die Intensität zugehörig zu dem Hintergrundrauschen, wie das vom Durchschnittsfachmann verstanden wird. Es ist weiterhin wünschenswert, die Lücke zwischen der geringsten Senke und der maximalen Spalte zu schließen, und andere Ausführungsformen der Erfindung weisen niedrigste Senken mit wenigstens 5%, 10%, 25%, 33%, 50% und 75% der Intensität der maximalen Spitzen auf. Der Durchschnittsfachmann erkennt, dass andere Prozentsätze in jedem Fall verwendet werden können bis zu 100%.

[0131] Bei einer anderen Ausführungsform ist es wünschenswert, die Form des Schwarzkörperspektrums bei verschiedenen Temperaturen zu emittieren, wobei für höhere Temperaturen (4000 K bis 10.000 K) dies ähnlich sein kann zu der Spitzen- und Senkenanalyse, wie oben ausgeführt. Für niedrige Temperaturen ergibt sich die Analyse wie folgt, dass die meisten Senken sich bei einer geringeren Wellenlänge befinden als die höchste Spalte. Dies wäre in einer Ausführungsform für Farbtemperaturen geringer als 2500 K wünschenswert. In einer anderen Ausführungsform wäre es wünschenswert dies in einem Bereich von 500 K bis 2500 K zu haben.

[0132] Aus der obigen Analyse sollte ein hochqualitatives künstliches Weißlicht demzufolge ein Spektrum haben, das zwischen 400 nm und 700 nm im

Wesentlichen kontinuierlich ist und ohne dramatische Spitzen. Darüber hinaus, um steuerbar zu sein, sollte das Licht in der Lage sein, ein Spektrum zu erzeugen, das natürlichem Licht bei verschiedenen Farbtemperaturen ähnelt. Aufgrund der Verwendung von mathematischen Modellen in der Industrie ist es auch wünschenswert für die Quelle, eine hohe CRI-Angabe zu erreichen, so dass die Referenzfarben beibehalten werden und zeigen, dass das hochqualitative Weißlicht der vorliegenden Erfindung bei bisher bekannten Tests nicht versagt.

[0133] Um eine hochqualitative Weißlichtbeleuchtungsvorrichtung unter Verwendung von LEDs als Einzelbeleuchtungsquellen zu schaffen, ist es in einer Ausführungsform wünschenswert, LEDs mit speziellen maximalen Spektral spitzen und Spektral breiten zu haben. Es ist auch wünschenswert, dass die Beleuchtungsvorrichtung steuerbar ist, d. h., dass die Farbtemperatur gesteuert werden kann, um ein spezielles Spektrum von "Weiß"-Licht auszuwählen oder sogar ein Spektrum von farbigem Licht zusätzlich zu dem Weißlich zu haben. Es wäre auch wünschenswert für eine jede der LEDs gleiche Intensitäten von Licht zu erzeugen, um ein leichtes Mischen zu ermöglichen.

[0134] Ein System zur Erzeugung von Weißlicht umfasst eine große Anzahl (beispielsweise ungefähr 300) von LEDs, von denen jede eine enge Spektral breite aufweist, und von denen jedes einzelne eine maximale Spektralspalte aufweist überspannend einen vorbestimmten Abschnitt des Bereichs von ungefähr 400 nm bis ungefähr 700 nm, möglicherweise mit einiger Überlappung, und möglicherweise über die Grenzen des sichtbaren Lichts hinaus. Diese Lichtquelle kann im Wesentlichen Weißlicht erzeugen, und kann steuerbar sein, um jegliche Farbtemperatur (und auch jede Farbe) zu erzeugen. Sie erlaubt geringere Veränderungen als das menschliche Auge sehen kann und demzufolge kann die Beleuchtungsvorrichtung feinere Änderungen machen als ein Mensch es erfassen kann. So ein Licht ist deshalb eine Ausführungsform der Erfindung, jedoch andere Ausführungsformen können weniger LEDs verwenden, wenn die Erfassung durch Menschen der Kernpunkt ist.

[0135] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann eine deutlich geringere Anzahl von LEDs verwendet werden, mit einer vergrößerten spektralen Breite einer jeden LED um ein hochqualitatives Weißlicht zu erzeugen. Eine Ausführungsform einer solchen Beleuchtungsvorrichtung ist in **Fig. 14** gezeigt. **Fig. 14** zeigt die Spektren von neuen LEDs (**701**) mit 25 nm Spektralbreite beabstandet alle 25 nm. Es wird hier ersichtlich, dass eine neun LED-Beleuchtungsvorrichtung nicht notwendigerweise genau neun Gesamtbeleuchtungsquellen aufweist. Sie enthält eine Anzahl von jeder von neun unterschied-

lich farbigen Beleuchtungsquellen. Diese Anzahl ist gewöhnlicherweise dieselbe für jede Farbe, muss jedoch nicht sein. Hochlichtstärke-LEDs mit einer spektralen Breite von ungefähr 25 nm sind allgemein verfügbar. Die durchgezogene Linie (703) gibt das zusätzliche Spektrum von allen der LED-Spektren bei gleicher Energie an, die durch Verwendung des obigen Beleuchtungsvorrichtungsverfahrens erzeugt werden kann. Die Energien der LEDs können eingestellt werden, um einen Bereich von Farbtemperaturen (und ebenfalls Farben) durch Einstellen der relativen Intensitäten der neuen LEDs zu erzeugen. Die Fig. 15a und Fig. 15b sind Spektren für das 5000 K (801) und 2500 K (803) Weißlicht von dieser Beleuchtungsvorrichtung. Diese neun LED-Beleuchtungsvorrichtung weist die Fähigkeit auf, einen weiten Bereich von Farbtemperaturen sowie einen weiten Bereich von Farben zu erzeugen, da der Bereich des CIE-Diagramms, eingeschlossen von den einzelnen LEDs, die meisten der verfügbaren Farben abdeckt. Sie ermöglicht die Steuerung über die Erzeugung von nicht kontinuierlichen Spektren und die Erzeugung von besonders hochqualitativen Farben durch Wahl der Verwendung nur einer Untergruppe der verfügbaren LED-Beleuchtungsquellen. Es wird darauf hingewiesen, dass die Wahl des Ortes der dominanten Wellenlängen der neun LEDs ohne deutliche Veränderung in die Möglichkeit bewegt werden kann, Weißlicht zu produzieren. Zusätzlich können unterschiedlich farbige LEDs hinzugefügt werden. Derartige Hinzufügungen können die Auflösung verbessern, wie dies in dem 300-LED-Beispiel oben diskutiert wurde. Jede dieser Beleuchtungsvorrichtungen kann die oben genannten Qualitätsstandards erreichen. Sie können ein Spektrum erzeugen, das kontinuierlich über die photopische Wahrnehmung des Auges ist, d. h. ohne dramatische Spitzen und das gesteuert werden kann, um ein Weißlicht von verschiedenen gewünschten Farbtemperaturen zu erzeugen.

[0136] Die neue LED-Weißlichtquelle ist effizient, da ihre spektrale Auflösung ausreichend ist, akkurat die Spektralverteilungen innerhalb der menschlichen Aufnahmegeraden zu simulieren. Jedoch können weniger LEDs verwendet werden. Wenn den Spezifikationen zur Erzeugung von hochqualitativem Weißlicht gefolgt wird, können die wenigeren LEDs eine erhöhte Spektralbreite aufweisen, um das im Wesentlichen kontinuierliche Spektrum beizubehalten, das die photopische Wahrnehmung des Auges erfüllt. Die Abnahme kann sein von jeglicher Anzahl von LEDs von 8 bis 2. Der 1-LED-Fall erlaubt kein Farbmischen und demzufolge keine Steuerung. Um eine temperatursteuerbare Weißlichtvorrichtung zu haben, können wenigstens zwei Farben von LEDs notwendig sein.

[0137] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst zwei unterschiedlich farbige LEDs. Drei LEDs ermöglichen für eine zweidimensionale Fläche (Dreieck) verfügbar zu sein, als das Spektrum

für die sich daraus ergebende Vorrichtung. Eine Ausführungsform einer 3-LED-Quelle ist in Fig. 16 gezeigt.

[0138] Das additive Spektrum von drei LEDs (903) bietet weniger Steuerung als die neun LED-Beleuchtungsvorrichtungen, können jedoch die Kriterien für eine hochqualitative Weißlichtquelle, wie oben beschrieben, erfüllen. Das Spektrum kann kontinuierlich sein ohne dramatische Spitzen. Es ist auch steuerbar, da das Dreieck des verfügbaren Weißlichts die Schwarzkörperkurve umschließt. Diese Quelle kann die feine Steuerung über bestimmte Farben oder Temperaturen verlieren, die mit einer größeren Anzahl von LEDs erhalten wurde, da die umschlossene Fläche auf dem CIE-Diagramm ein Dreieck ist, aber die Energie dieser LEDs kann immer noch gesteuert werden, um Quellen unterschiedlicher Farbtemperaturen zu steuern. Solch eine Veränderung ist in den Fig. 17a und Fig. 17b für 5000 K (1001) und 2500 K (1003) Quellen gezeigt. Der Fachmann wird erkennen, dass auch alternative Temperaturen erzeugt werden können.

[0139] Beide, die 9-LED und 3-LED-Beispiele demonstrieren, dass Kombinationen von LEDs verwendet werden können, um hochqualitative Weißlichtvorrichtungen zu schaffen. Diese Spektren erfüllen die photopische Wahrnehmung des Auges und sind kontinuierlich, was bedeutet, dass sie natürlicher erscheinen als künstliche Lichtquellen, wie fluoreszierende Lichter. Beide Spektren können als hochqualitativ charakterisiert werden, da die CRIs in den hohen 90ern liegen.

[0140] Bei der Gestaltung einer weißen Beleuchtungsvorrichtung ist ein Hindernis das Fehlen der derzeitigen Verfügbarkeit von LEDs mit einer maximalen spektralen Spitze von 555 nm. Die Wellenlänge befindet sich im Zentrum der photopischen Wahrnehmung des Auges und einer der klarsten Farben des Auges. Die Einführung einer LED mit einer dominanten Wellenlänge bei oder in der Nähe von 500 nm würde die Erzeugung von LED-basierendem Weißlicht erleichtern, und eine Weißlichtvorrichtung mit solch einer LED weist eine Ausführungsform dieser Erfindung auf. In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann eine Nicht-LED-Beleuchtungsquelle, die Licht mit einer maximalen Spektralspitze von ungefähr 510 nm bis ungefähr 570 nm produziert, auch verwendet werden, um besondere spektrale Lücken zu füllen. In noch einer weiteren Ausführungsform könnte diese Nicht-LED-Quelle eine bestehende Weißlichtquelle und einen Filter aufweisen, um zu erreichen, dass die resultierende Lichtquelle eine maximale spektrale Spitze in diesem allgemeinen Bereich aufweist.

[0141] In einer weiteren Ausführungsform kann hochqualitatives Weißlicht erzeugt werden durch Verwendung von LEDs, ohne spektrale Spitzen um

555 nm, um die Lücke in der photopischen Wahrnehmung zu füllen, die durch das Nichtvorhandensein von grünen LEDs übrig gelassen wird. Eine Möglichkeit ist, diese Lücke mit einer Nicht-LED-Beleuchtungsquelle zu füllen. Ein anderes, wie oben beschrieben, ist, dass eine hochqualitative steuerbare Weißlichtquelle erzeugt werden kann unter Verwendung einer Ansammlung von einer oder mehrerer unterschiedlich farbiger LEDs, wo keine der LEDs eine maximale Spektralspitze in dem Bereich von ungefähr 510 nm bis 570 nm aufweist.

[0142] Um eine Weißlichtbeleuchtungsvorrichtung zu bauen, die über einen allgemein gewünschten Bereich von Farbtemperaturen steuerbar ist, ist es notwendig das Kriterium der gewünschten Temperaturen zu bestimmen.

[0143] In einer Ausführungsform werden Farbtemperaturen von ungefähr 2300 K bis ungefähr 4500 K ausgewählt, was allgemein Verwendung findet bei Lichtdesignern in der Industrie. Jedoch kann jeder Bereich für andere Ausführungsformen umfassend den Bereich von 500 K bis 10.000 K gewählt werden, die die meisten Veränderungen bzw. Variationen beim sichtbaren Weißlicht oder jeglichen anderen Unterbereich davon abdecken. Das gesamte Ausgabespektrum dieses Lichts kann einen CRI erreichen, vergleichbar mit Standardlichtquellen, die bereits existieren. Speziell ein hoher CRI (größer als 80) bei 4500 K und ein niedriger CRI (größer als 50) bei 2500 K kann spezifiziert werden, obwohl wiederholt jeder Wert gewählt werden kann. Spitzen und Senken können auch in dem Bereich so weit wie möglich minimiert werden und insbesondere eine kontinuierliche Kurve aufweisen, in der keine Intensität 0 ist. In den letzten Jahren wurden weiße LEDs verfügbar. Diese LEDs arbeiten unter Verwendung einer blauen LED um eine Schicht von Leuchtstoff zu pumpen. Der Leuchtstoff wandelt nach unten einiges des blauen Lichts in grün und rot um. Das Ergebnis ist ein Spektrum das ein breites Spektrum aufweist und das grob gemittelt ist um 555 nm und auf das als "kühles weiß" Bezug genommen wird. Ein Beispielspektrum für eine solche weiße LED (insbesondere für die Nichia SPW 510BS (Behälter A) LED) ist in **Fig. 18** als Spektrum (**1201**) gezeigt.

[0144] Das Spektrum (**1201**), dargestellt in **Fig. 18** ist unterschiedlich von den Gauss-ähnlichen Spektren für einige LEDs. Dies resultiert daraus, dass nicht die gesamte Pumpenenergie von der blauen LED nach unten gewandelt ist.

[0145] Dies hat den Effekt des Kühlens des gesamten Spektrums, da der höhere Abschnitt des Spektrums als warm angesehen wird. Der resultierende CRI dieser LED ist 84, er weist aber eine Farbtemperatur von 20000 K auf. Demzufolge erfüllt die LED selbst nicht die obigen Beleuchtungskriterien. Die-

ses Spektrum (**1201**) enthält eine maximale spektrale Spalte bei ungefähr 450 nm und erfüllt nicht exakt die photopische Wahrnehmung des menschlichen Auges. Eine einzige LED erlaubt auch keine Steuerung der Temperatur und deshalb kann ein System des gewünschten Bereichs von Farbtemperaturen durch diese LED allein nicht erzeugt werden.

[0146] Nichia Chemical hat derzeit drei Behälter oder Arten (A, B und C) von weißen LEDs zur Verfügung. Das LED-Spektrum (**1201**), gezeigt in **Fig. 18**, ist die kühlsste dieser Arten. Die wärmste LED ist die Art C (Spektrum (**1301**), welches in **Fig. 19** dargestellt ist). Der CRI dieser LED ist auch 84. Sie hat eine maximale Spektralspitze von ungefähr 450 nm, und sie hat ein CCT von 5750 K. Die Verwendung einer Kombination von A- oder C-LEDs ermöglicht der Quelle das Spektrum um das Zentrum der photopischen Wahrnehmung 555 nm zu füllen. Jedoch ist die niedrigst erreichbare Farbtemperatur 5750 K (bei Verwendung des C-LEDs allein), was nicht den gesamten Bereich der vorher diskutierten Farbtemperaturen abdeckt. Diese Kombination erscheint unnormal warm (blau) auf ihre Weise, da das additive Spektrum immer noch eine signifikante Spalte bei ungefähr 450 nm aufweist.

[0147] Die Farbtemperatur dieser LEDs kann verschoben werden unter Verwendung eines optischen Hochpassfilters, der über die LEDs gesetzt wird. Dies ist im Wesentlichen ein transparentes Teil aus Glas oder Kunststoff, das gefärbt ist, um nur ein höheres Wellenlängenlicht passieren zu lassen. Ein Beispiel einer solchen Hochpassfilterübertragung ist in **Fig. 24** als Linie (**1401**) gezeigt. Optische Filter sind im Stand der Technik bekannt und der Hochpassfilter weist im Allgemeinen ein durchsichtiges Material, wie beispielsweise Kunststoff, Glas oder andere Durchlassmedien auf, die gefärbt wurden, um einen Hochpassfilter zu bilden, von denen einer in **Fig. 20** gezeigt ist. Eine Ausführungsform der Erfindung umfasst das Erzeugen eines Filters aus einem gewünschten Material (um spezielle physikalische Eigenschaften zu erreichen) nach Spezifizierung der gewünschten optischen Eigenschaften. Dieser Filter kann direkt über die LEDs gesetzt werden oder kann der Filter (**391**) von dem Gehäuse der Beleuchtungsvorrichtung sein.

[0148] Eine Ausführungsform der Erfindung ermöglicht für die bestehende Vorrichtung eine Vorwahl der einzelnen LEDs zu haben und eine Auswahl von verschiedenen Filtern. Diese Filter können den Bereich der resultierenden Farben ohne Veränderung der LEDs verschieben. Auf diese Weise kann ein Filtersystem verwendet werden im Zusammenhang mit den gewählten LEDs, um einen geschlossenen Bereich des CIE (Bereich (**510**)) durch eine Lichtvorrichtung die bezüglich der LEDs verschogen ist, wodurch ein zusätzlicher Grad von Steuerung ermöglicht wird. In einer Ausführungsform kann die Reihe

von Filtern eine einzelne Beleuchtungsvorrichtung in die Lage versetzen, ein Weißlicht von jeglicher Temperatur durch Spezifizieren einer Reihe von Bereichen für verschiedene Filter zu erzeugen, die, wenn kombiniert, die weiße Linie einschließen. Eine Ausführungsform davon ist in **Fig. 30** gezeigt, wo eine Auswahl von Bereichen (**3001, 3011, 3021, 3031**) von der Wahl der Filter abhängt, die den umschlossenen Bereich verschieben.

[0149] Diese Spektralübertragungsmessung zeigt, dass der Hochpassfilter in **Fig. 20** Spektralenergie unter 500 nm absorbiert. Sie zeigt auch einen Gesamtverlust von ungefähr 10%, der erwartet wird. Die gestrichelte Linie (**1403**) in **Fig. 20** zeigt den Übertragungsverlust im Zusammenhang mit einem herkömmlichen Polykarbonatverteiler, der oft bei Beleuchtungsvorrichtungen Verwendung findet. Es ist zu erwarten, dass das Licht, das durch jegliche Substanz hindurchgeht eine Abnahme in der Intensität bzw. Stärke erfährt.

[0150] Der Filter dessen Übertragung in **Fig. 20** gezeigt ist, kann dazu verwendet werden, die Farbtemperatur der beiden Nichia LEDs zu verschieben. Die gefilterten ((**1521**) und (**1531**)) und die ungefilterten ((**1201**) und (**1301**)) Spektren für die Ausführungen A- und C-LEDs sind in den **Fig. 21a** und **Fig. 21b** gezeigt.

[0151] Der Zusatz des Gelbilters verschiebt die Farbtemperatur der A-LED von 20.000 K nach 4745 K. Seine Farbarkoordinaten werden verschoben von (0,27, 0,2 A) nach (0,35, 0,37). Die C-LED wird verschoben von 5750 K nach 3935 K und von den Farbarkoordinaten (0,33, 0,33) nach (0,40, 0,43).

[0152] Die Wichtigkeit der Farbarkoordinaten wird ersichtlich, wenn die Farben dieser Quellen auf der CIE 1931 Farbarkarte verglichen werden. **Fig. 22** ist eine Vergrößerung der Farbarkarte um den Plankianort (**1601**) herum. Dieser Ort gibt die erfassten Farben von idealen Quellen, genannt schwarze Körper, an. Die dicke Linie (**1603**) hebt den Abschnitt des Ortes hervor, der dem Bereich von 2300 K bis 4500 K entspricht.

[0153] Die **Fig. 22** zeigt, wie groß eine Verschiebung erreicht werden kann mit einem einfachen Hochpassfilter. Durch effektives "Aufwärmen" des Satzes von Nichia LEDs, werden diese in einen Farbarkbereich gebracht, der für den spezifizierten Farbtemperatursteuerungsbereich nützlich ist, und sind geeignet für eine Ausführungsform der Erfindung. Die ursprüngliche Anordnung war die gestrichelte Linie (**1665**), wohingegen die neue Farbe durch die Linie (**1607**) dargestellt ist, die sich in dem korrekten Bereich befindet.

[0154] In einer Ausführungsform jedoch kann ein nicht linearer Bereich von Farbtemperaturen unter

Verwendung von mehr als zwei LEDs erzeugt werden.

[0155] Es kann das Argument angeführt werden, dass sogar eine lineare Veränderung, die sich dem gewünschten Bereich nahe annähert, ausreichen würde. Die Verwirklichung würde jedoch eine LED nahezu 2300 K und eine LED nahezu 4500 K erfordern. Dies kann auf zweierlei Weise erreicht werden. Einerseits kann eine unterschiedliche LED verwendet werden, die eine Farbtemperatur von 2300 K aufweist. Zweitens der Ausgang der Nichia C-LED kann durch einen zusätzlichen Filter geführt werden, um ihn noch näher zu dem 2300 K zu verschieben. Ein jedes dieser Systeme weist eine zusätzliche Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auf. Jedoch verwendet das nachfolgende Beispiel eine dritte LED, um das gewünschte Merkmal zu erfüllen.

[0156] Diese LED sollte eine Farbart nach rechts von dem 2300 K auf dem Schwarzkörperort aufweisen. Die Agilent HLMP-EL1 8 Bernsteinfarbige-LED mit einer dominanten Wellenlänge von 592 nm weist Farbarkoordinaten (0,60, 0,40) auf. Der Zusatz des Agilent-Bernsteinfarbigen zu dem Satz der Nichia white LEDs ergibt einen Bereich (**1701**), gezeigt in **Fig. 23**.

[0157] Der erzeugte Bereich (**1701**), der diese drei LEDs verwendet, umfasst vollständig den Schwarzkörperort über einen Bereich von 2300 K bis 4500 K. Eine fabrizierte Beleuchtungsvorrichtung, die diese LEDs verwendet, kann die Anforderungen zur Erzeugung von Weißlicht mit den korrekten Farbarkwerten befriedigen. Die Spektren des Lichts bei 2300 K (**2203**) und 5000 K (**2201**) in den **Fig. 26a** und **b** zeigen Spektren, die den gewünschten Kriterien für hochqualitatives Weißlicht entsprechen, wobei beide Spektren kontinuierlich sind, und das 5000 K Spektrum zeigt nicht die Spitzen, die in anderen Beleuchtungsvorrichtungen auftreten, mit einer vernünftigen Intensität bei allen Wellenlängen. Das 2300 K-Spektrum hat keinerlei Senken bei Wellenlängen unterhalb seiner maximalen Spitze. Das Licht ist auch über diese Spektren steuerbar. Jedoch, um als Hochqualitätsweißlicht durch die Lichtgemeinschaft angesehen zu werden, sollte der CRI oberhalb von 50 für niedrige Farbtemperaturen und oberhalb von 80 für hohe Farbtemperaturen sein. Gemäß dem Softwareprogramm, das die CIE 13.3-1995 Spezifikation begleitet, ist der CRI für das 2300 K simulierte Spektrum 52 und ist ähnlich einer weißglühenden Glühlampe mit einem CRI von 50. Der CRI für das 4500 K simulierte Spektrum ist 82 und ist als Hochqualitätsweißlicht angesehen. Diese Spektren sind in ihrer Form auch ähnlich den Spektren von natürlichem Licht, wie in den **Fig. 26a** und **Fig. 26b** gezeigt.

[0158] **Fig. 24** zeigt den CRI, der bezüglich des CCT für die oben genannte Weißlichtquelle gezeichnet ist. Der Vergleich zeigt, dass die Hochqualitätsweißlicht-

vorrichtung Weißlicht erzeugen wird, das von höherer Qualität ist, als die drei Standardfluoreszenzlichter (1803), (1805), und (1809) verwendet in **Fig. 24**. Darüber hinaus ist die obige Lichtquelle signifikant besser steuerbar als das Fluoreszenzlicht, da die Farbtemperatur ausgewählt werden kann als ein jeglicher der Punkte auf der Kurve (1801), wohingegen die Fluoreszenten auf die besonderen gezeigten Punkte begrenzt sind. Der Lichtaustrag oder -ausstoß der beschriebenen Weißlichtbeleuchtungsvorrichtung wurde auch gemessen. Der Lichtaustrag, der bezogen auf die Farbtemperatur gezeichnet wurde, ist in **Fig. 25** angegeben, obwohl der Graph in **Fig. 25** bezogen ist auf Typen und Energieniveaus, die bei seiner Produktion verwendet wurde, wobei die Rate konstant bleiben kann mit der relativen Anzahl von unterschiedlichen äußeren LEDs, die gewählt wurden. Der Voll-An-Punkt (Punkt der maximalen Intensität) kann bewegt werden durch Veränderung der Farbe einer jeden der vorhandenen LEDs.

[0159] Es wird von dem Durchschnittsfachmann verstanden, dass die obigen Ausführungsformen der Weißlichtvorrichtungen und Verfahren auch LEDs oder andere Einzelbeleuchtungsquellen umfassen können, die Licht produzieren, das für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Demzufolge können alle der oben genannten Ausführungsformen auch Lichtquellen mit einer maximalen Spektral spitze unterhalb 400 nm oder oberhalb 700 nm umfassen.

[0160] Ein hochqualitatives LED basiertes Licht kann so konfiguriert sein, dass es eine Leuchtstoffröhre besitzt. In einer Ausführungsform wird eine Ersatzhochqualitäts-LED-Lichtquelle, die geeignet ist eine Leuchtstoffröhre zu ersetzen, in einer bestehenden Vorrichtung funktionieren, die ausgebildet ist, Leuchtstoffröhren zu verwenden. Eine solche Vorrichtung ist in **Fig. 28** dargestellt. **Fig. 28** zeigt eine typische Leuchtstoffröhrenbeleuchtungsbefestigung oder eine andere Vorrichtung, die ausgebildet ist, um Leuchtstoffröhren (2404) aufzunehmen. Die Beleuchtungsvorrichtung (2402) kann eine Vorschaltgerät (2410) aufweisen. Das Vorschaltgerät (2410) kann vom magnetischen oder elektrischen Typ sein, zur Zuführung der Energie zu der wenigstens eine Röhre (2404), die herkömmlicherweise eine Leuchtstoffröhre ist. Das Vorschaltgerät (2410) umfasst Energiezuführverbindungen (2414), die mit einer äußeren Energiequelle verbunden werden müssen. Die äußere Energiequelle kann eine Gebäudeart-C-Zuführung oder eine jegliche andere Energiezuführung, die aus dem Stand der Technik bekannt ist, sein. Das Vorschaltgerät (2410) weist Röhrenverbindungen (2412) und (2416) auf, die an einer Röhrenkopplung (2408) für das leichte Einführen und Entfernen der Röhren (2404) befestigt sind. Diese Verbindungen liefern die geforderte Energie zu der Röhre. In einem magnetischen Vorschaltsystem, kann das Vorschaltgerät (2410) ein Umwand-

ler mit einer vorbestimmten Impedanz sein, um die geforderte Spannung und den geforderten Strom zuzuführen. Die Leuchtstoffröhre (2404) wirkt als ein Kurzschluss, so dass die Impedanz des Vorschaltgeräts verwendet wird, den Röhrenstrom zu setzen. Dies bedeutet, dass jede Röhrenleistung ein spezielles Vorschaltgerät erfordert. Beispielsweise wird eine 40 W-Leuchtstoffröhre nur operieren auf einem 40 W-Vorschaltgerät, da das Vorschaltgerät in Übereinstimmung mit der Röhre sein muß. Andere Leuchtstoffbeleuchtungsvorrichtungen verwenden elektronische Vorschalteinrichtungen mit einem hohen Sinusfrequenzwellenausgang zu der Lampe. Sogar in diesen Systemen reguliert die innere Vorschaltimpedanz der elektronischen Vorschalteinrichtung noch den Strom durch die Röhre.

[0161] **Fig. 29** zeigt eine Ausführungsform einer Beleuchtungsvorrichtung gemäß dieser Offenbarung, die als Ersatz für Leuchtstoffröhren in einem Gehäuse, wie jenes in **Fig. 28** verwendet werden kann. Die Beleuchtungsvorrichtung kann in einer Ausführungsform eine Variation der Beleuchtungsvorrichtung (5000) in **Fig. 5a** und **Fig. 5b** aufweisen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann einen unteren Abschnitt (1101), mit einer allgemein gerundeten Unterseite (1103) und einer allgemein flachen Verbindungsoberfläche (1105) sein. Die Beleuchtungsvorrichtung weist auch einen oberen Abschnitt (1111) mit einem allgemein gerundeten oberen Abschnitt (1113) und einer allgemeinen flachen Verbindungsoberfläche (1115) auf. Der obere Abschnitt (1111) ist allgemein aus einem durchsichtigen, transparenten oder ähnlichem Material gebildet, das eine Lichtübertragung ermöglicht und einen Filter aufweisen kann, ähnlich zum Filter (391). Die ebenen Verbindungs Oberflächen (1105) und (1115) können zusammengesetzt werden, um eine im Allgemeinen zylindrische Beleuchtungsvorrichtung zu bilden und können mit jeglicher im Stand der Technik bekannten Methode befestigt sein. Zwischen dem oberen Abschnitt (1111) und dem unteren Abschnitt (1101) ist eine Beleuchtungsvorrichtung (1115) vorgesehen, die eine im Allgemeinen rechteckige Halterung (1153) und einen Streifen von wenigstens einer Einzelbeleuchtungsquelle wie einer LED (1155) aufweist. Dieser Aufbau ist in keiner Weise notwendig und die Beleuchtungsvorrichtung benötigt für sich kein Gehäuse, oder kann ein Gehäuse von jeglicher im Stand der Technik bekannten Art aufweisen. Obwohl nur ein einziger Streifen dargestellt ist, wird der Durchschnittsfachmann verstehen, dass mehrfache Streifen oder andere Muster der Anordnung von Beleuchtungsquellen verwendet werden können. Die Streifen weisen allgemein die Einzel-LEDs in einer Reihe auf, die die Farben der LEDs trennt, wenn es mehrere Farben von LEDs gibt, jedoch ist eine derartige Anordnung nicht notwendig. Die Beleuchtungsvorrichtung wird allgemein Lampenverbinder (2504) aufweisen, zur Verbindung der Beleuchtung zur Vorrichtung mit den exis-

tierenden Lampenkupplungen (**2008**). Das LED-System kann auch einen Steuerschaltkreis (**2510**) aufweisen. Der Schaltkreis kann die Vorschaltspannung für den LED-Betrieb umwandeln. Der Steuerschaltkreis (**2510**) kann die LEDs (**1155**) mit konstanter D. C.-Spannung steuern, oder der Steuerschaltkreis (**2510**) kann Steuersignale erzeugen, um die LEDs zu betreiben. In einer bevorzugten Ausführungsform würde der Steuerschaltkreis (**2510**) einen Prozessor umfassen zur Erzeugung von Pulsbreiten modulierten Steuersignalen oder anderen ähnlichen Steuersignalen, für die LEDs.

[0162] Diese Weißlichter sind demzufolge Beispiele wie eine Hochqualitätsweißlichtvorrichtung mit Einzelbeleuchtungsquellen erzeugt werden kann, sogar wenn diese Beleuchtungsquellen dominante Wellenlängen außerhalb des Bereichs von 530 nm bis 570 nm aufweisen.

[0163] Das obige Weißlicht kann eine Programmierung enthalten, die dem Benutzer ermöglicht, leicht das Licht zu steuern und jede gewünschte Temperaturfarbe zu wählen, die in dem Licht zur Verfügung steht. In einer Ausführungsform kann die Möglichkeit der Wahl der Farbtemperatur in einem Computerprogramm enthalten sein, das beispielsweise die folgenden mathematischen Gleichungen verwendet:

Intensität von Bernstein

$$\text{LED}(T) = (5.6 \cdot 10^{-8})T^3 - (6.4 \cdot 10^{-4})T^2 + (2.3)T - 2503.7 \quad (1)$$

Intensität von warmem Nichia

$$\text{LED}(T) = (9.5 \cdot 10^{-3})T^3 - (1.2 \cdot 10^{-3})T^2 + (4.4)T - 5215.2 \quad (2)$$

Intensität von kühlem Nichia

$$\text{LED}(T) = (4.7 \cdot 10^{-8})T^3 - (6.3 \cdot 10^{-4})T^2 + (2.8)T - 3909.6 \quad (3)$$

wobei T = Temperatur in Grad K ist.

[0164] Diese Gleichungen können direkt angewendet werden, oder können verwendet werden, um eine Nachschlagetabelle zu erzeugen, so dass binäre Werte entsprechend einer besonderen Farbtemperatur schnell bestimmt werden können. Diese Tabelle kann in jeglicher Form von einem programmierbaren Speicher her stammen zur Verwendung in der Steuerung von Farbtemperaturen (wie beispielsweise angegeben, jedoch nicht eingeschränkt auf, die Steuerung beschrieben in dem US-Patent 6,016,038). In einer weiteren Ausführungsform kann das Licht eine Auswahl von Schaltern haben, wie beispielsweise DIP-Schalter, die ermöglichen, es in einem Stand-Alone-Modus zu betreiben, wo die gewünschte Farb-

temperatur ausgewählt werden kann, unter Verwendung der Schalter, und geändert werden kann durch Veränderung des Stand-Alone-Produkts. Das Licht kann auch entfernt programmiert sein, um in einem Stand-Alone-Modus, wie oben beschrieben, betrieben zu werden.

[0165] Die Beleuchtungsvorrichtung in **Fig. 29** kann auch einen Programmsteuerungsschalter (**2512**) aufweisen. Dieser Schalter kann ein Wählenschalter sein, zur Auswahl der Farbtemperatur, der Farbe des LED-Systems, oder jeder anderen Beleuchtungsbedingung. Beispielsweise kann der Schalter verschiedene Zustände für verschiedene Farben aufweisen. Die Position "1" kann das LED-System dazu bringen, 3200 K Weißlicht zu produzieren, die Position "2" kann 4000 K Weißlicht erzeugen, die Position "3" kann für ein blaues Licht sein und eine vierte Position kann sein zu ermöglichen, dem System zu erlauben, Signale von außen für Farbe oder andere Beleuchtungssteuerungen zu erhalten. Diese äußere Steuerung kann von einer jeden der vorangehend beschriebenen Steuerungen vorgesehen werden.

[0166] Einige Leuchtstoffvorschaltgeräte sind auch für das Dimmen vorgesehen, wo ein Dimmenschalter an der Wand die Vorschaltgerätausgangscharakteristiken ändert und daraus resultierend die Leuchtstofflichtbeleuchtungscharakteristiken ändert. Das LED-Lichtsystem kann dies als Information verwenden, um die Beleuchtungseigenschaften zu ändern. Die Steuereinheit (**2510**) kann die Vorschaltgeräteigenschaften überwachen und die LED-Steuersignale in einer entsprechenden Weise einstellen. Das LED-System kann Beleuchtungssteuersignale haben, die in einem Speicher innerhalb des LED-Beleuchtungssystems gespeichert sind. Diese Steuersignale können vorprogrammiert sein, um ein Dimmen, Farbändern, eine Kombination der Effekte oder jegliche andere Beleuchtungseffekte zu liefern, wenn die Eigenschaften des Vorschaltgeräts sich ändern. Ein Benutzer kann unterschiedliche Farben in einem Raum zu unterschiedlichen Zeiten wünschen. Das LED-System kann so programmiert werden, dass es Weißlicht erzeugt, wenn sich der Dimmer auf einem maximalen Wert befindet, blaues Licht erzeugen, wenn er bei 90% des Maximums liegt, rotes Licht erzeugen, wenn er sich bei 80% befindet, aufleuchtende Effekte bei 70% oder kontinuierliche Änderungseffekte erzeugen, wenn der Dimmer sich verändert. Das System kann die Farbe oder andere Beleuchtungsbedingungen bezüglich des Dimmers oder eines jeglichen anderen Eingangs ändern. Ein Benutzer wird auch die Beleuchtungsbedingungen eines Weißglühlampenlichts wieder erzeugen wollen. Eine der Eigenschaften einer solchen Beleuchtung ist diese, dass sie die Farbtemperatur ändert, wenn die Energiezufuhr verringert wird. Das weißglühende Licht kann 2800 K bei voller Leistung sein, jedoch wird sich die Farbtemperatur verringern, wenn die Ener-

giezufuhr verringert wird, und es kann 1500 K sein, wenn die Lampe zu einem großen Maß gedimmt wird. Fluoreszente Lampen reduzieren ihre Farbtemperatur nicht, wenn sie gedimmt werden. Typischerweise ändert sich die Farbe der Fluoreszenzlampen nicht, wenn die Energiezufuhr verringert wird. Das LED-System kann so programmiert werden, die Farbtemperatur zu verringern, wenn die Beleuchtungsbedingungen gedimmt werden. Dies kann unter Verwendung einer Nachschlagtabelle für ausgewählte Intensitäten, mit einer mathematischen Beschreibung des Verhältnisses zwischen der Intensität und der Farbtemperatur, einer jeglichen anderen Methode aus dem Stand der Technik oder einer jeglichen Kombination von Methoden erreicht werden. Das LED-System kann so programmiert werden, dass es praktisch jede Lichtbedingung liefert.

[0167] Das LED-System kann einem Empfänger zur Aufnahme von Signalen, einen Umwandler, einen Sensor oder andere Vorrichtungen zur Aufnahme von Informationen aufweisen. Der Empfänger kann jeglicher Empfänger sein, wie beispielsweise, jedoch nicht eingeschränkt, ein Draht, ein Kabel, ein Netzwerk, ein elektromagnetischer Empfänger, ein IR-Empfänger, ein RF-Empfänger, ein Mikrowellenempfänger oder jeder andere Empfänger. Eine Fernsteuerung kann vorgesehen sein, um von Ferne die Beleuchtungsbedingungen zu ändern. Beleuchtungsbefehle können auch von einem Netzwerk empfangen werden. Beispielsweise kann ein Gebäude ein Netzwerk haben, wo Information über ein drahtloses System übertragen wird und das Netzwerk kann die Beleuchtungsbedingungen in dem ganzen Gebäude steuern. Dies kann sowohl von einem entfernten Platz als auch von einem Platz vor Ort erreicht werden. Dies kann zusätzliche Gebäudesicherheit oder Energieeinsparung oder weitere Bequemlichkeit schaffen.

[0168] Das LED-Beleuchtungssystem kann auch Optiken umfassen, zur Schaffung von gleichmäßig verteilten Beleuchtungsbedingungen von der fluoreszenten Beleuchtungsvorrichtung. Die Optiken können an dem LED-System befestigt sein, oder dem System zugeordnet sein.

[0169] Das System hat Anwendungen in Umgebungen, um Veränderungen bei der verfügbaren Beleuchtung die ästhetische Auswahl beeinflussen können.

[0170] In einer beispielhaften Ausführungsform kann die Beleuchtungsvorrichtung in einer Verkaumgebung verwendet werden, um Farbe oder andere farbempfindliche Gegenstände zu verkaufen. Ein Farbmuster kann in einem Verkaufsgeschäft unter denselben Lichtbedingungen angesehen werden, wo die Farbe schließlich verwendet wird. Beispielsweise kann die Beleuchtungsvorrichtung für Außenlicht

eingestellt werden oder kann noch feiner abgestimmt werden für sonnige, bewölkte oder ähnliche Bedingungen. Die Beleuchtungsvorrichtung kann auch für unterschiedliche Formen von Innenbeleuchtung eingestellt werden, wie beispielsweise Halogenbeleuchtung, Fluoreszenzbeleuchtung oder als weißglühende Beleuchtung. In einer weiteren Ausführungsform kann ein tragbarer Sensor (wie oben ausgeführt) zu einem Ort mitgenommen werden, wo die Farbe angebracht werden soll, und das Lichtspektrum kann analysiert und aufgezeichnet werden. Dasselbe Lichtspektrum kann danach durch die Beleuchtungsvorrichtung reproduziert werden, so dass die Farbe unter denselben Lichtbedingungen gesehen werden kann, die an dem Ort vorhanden sind, wo die Farbe verwendet werden soll. Die Beleuchtungsvorrichtung kann ähnlich für Bekleidungsentscheidungen verwendet werden, wo das Erscheinen einer bestimmten Art und Farbe des Gewebes stark durch Lichtbedingungen beeinflusst wird. Beispielsweise kann ein Hochzeitskleid (und die Braut) unter Beleuchtungsbedingungen angesehen werden, die bei der Trauungszeremonie erwartet werden, um jegliche unerwünschte Überraschung zu vermeiden. Die Beleuchtungsvorrichtung kann auch in jeglichen Anwendungen verwendet werden, oder in Verbindung mit einem jeden der Systeme oder Verfahren, die an irgendeiner anderen Stelle dieser Offenbarung diskutiert werden.

[0171] In einer weiteren beispielhaften Ausführungsform kann die Beleuchtungsvorrichtung dazu verwendet werden, genaue visuelle Effekte zu reproduzieren. In bestimmten visuellen Künsten, wie beispielsweise der Photographie, der Cinematographie, oder dem Theater wird das Make-up typischerweise in einer Garderobe aufgebracht, in der die Beleuchtung unterschiedlich sein kann zu jener auf der Bühne oder dem Ort. Die Beleuchtungsvorrichtung kann dann dazu verwendet werden, die Beleuchtung zu reproduzieren, die dort erwartet wird, wo die Photographien gemacht werden, oder die Vorführung gegeben wird, so dass das geeignete Make-up für vorhersehbare Ergebnisse ausgewählt werden kann. Bezüglich der Verkaufsanwendungen wie oben ausgeführt, kann ein Sensor verwendet werden, um die tatsächlichen Beleuchtungsbedingungen zu messen, so dass die Beleuchtungsbedingungen während des Aufbringens des Make-ups reproduziert werden können.

[0172] In Theater- oder Filmvorführungen entspricht farbiges Licht oft den Farben von speziellen Filtern, die auf Weißlichtgeräte gesetzt werden, um einen speziellen daraus resultierenden Schatten zu erzeugen. Es gibt allgemein eine große Auswahl solcher Filter für spezielle Schattierungen, die von ausgewählten Firmen verkauft werden. Diese Filter sind oft durch ein Spektrum des erhaltenen Lichts, durch eine eigene numerische Klassifikation und/oder durch Namen klassifiziert, die eine Folgerung des sich ergebenden Lichts geben, wie beispielsweise "elementa-

res Blau", "Stroh" oder "Schokolade". Diese Filter ermöglichen die Auswahl einer speziellen, reproduzierbaren Lichtfarbe, begrenzt jedoch gleichzeitig den Direktor auf solche Filterfarben, die verfügbar sind. Zusätzlich ist das Mischen der Farben keine exakte Wissenschaft, was zu leichten Veränderungen in den Farben führen kann, wenn die Beleuchtungsvorrichtungen bewegt werden, oder sich sogar die Temperatur während einer Vorführung oder bei Filmaufnahmen ändert. Demzufolge ist in einer Ausführungsform ein System vorhanden zur Steuerung der Beleuchtung in einer Theaterumgebung. In einer anderen Ausführungsform ist ein System vorhanden zur Steuerung der Beleuchtung in einem Kino.

[0173] Die große Vielfalt von verfügbaren Lichtquellen erzeugen ernsthafte Probleme insbesondere bei der Filmproduktion. Unterschiede in der Beleuchtung zwischen benachbarten Szenen können die Kontinuität eines Films unterbrechen und misstönende Effekte für den Betrachter erzeugen. Die Korrektur der Beleuchtung, um diese Unterschiede zu überwinden, kann gefordert werden, da die Beleuchtung, die in einer Umgebung verfügbar ist, nicht immer unter der vollständigen Kontrolle der Filmcrew ist. Sonnenlicht, beispielsweise, verändert sich in seiner Farbtemperatur während des Tages, am offensichtlichsten im Morgengrauen und in der Abenddämmerung, wenn gelb und rot hervortritt, wodurch die Farbtemperatur des Umgebungslichts gesenkt wird. Fluoreszenzlicht fällt nicht allgemein auf die Farbtemperaturkurve, sondern weist eine Extraintensität in Blau-Grün-Bereichen des Spektrums auf, und wird deshalb beschrieben durch eine korrelierte Farbtemperatur, die den Punkt auf der Farbtemperaturkurve darstellt, die am Besten das einfallende Licht annähert. Einem jeden dieser Beleuchtungsprobleme kann durch Verwendung des oben beschriebenen Systems gelöst werden.

[0174] Die Verfügbarkeit einer Anzahl von unterschiedlichen Fluoreszenzlampentypen, von denen jeder eine unterschiedliche Farbtemperatur durch die Verwendung eines speziellen Leuchtstoffes liefert, machen eine Farbtemperaturvorhersage und -einstellung sogar noch komplizierter. Hochdrucknatriumdampflampen, die hauptsächlich für die Straßenbeleuchtung verwendet werden, erzeugen ein brillantes gelb-oranges Licht, was drastisch das Farbgleichgewicht verschiebt. Mit noch höheren inneren Drücken arbeiten die Quecksilberdampflampen, die manchmal für große Innenbereiche, wie beispielsweise Sporthallen verwendet werden. Dies kann zu einer hervorgehobenen grün-bläulichen Aufnahme bei Video und beim Film führen. Demzufolge ist ein System vorgesehen, zur Simulierung von Quecksilberdampflampen und ein System vorgesehen zur Ergänzung von Lichtquellen, wie beispielsweise Quecksilberdampflampen, um eine gewünschten resultierende Farbe zu erzeugen. Diese Ausführungsformen

können besondere Anwendung in der Kinotechnik finden.

[0175] Um alle diese Beleuchtungstypen auszuprobieren und wiederzuerzeugen, ist es oftmals für den Filmemacher oder Theaterdesigner notwendig, diese spezifischen Lichttypen in ihr Design hineinzusetzen. Gleichzeitig kann die Notwendigkeit diese Lichter zu benutzen die Theaterwünsche des Directors vereiteln. Die Fitnessstudiolichter, die bei einem übernatürlichen Thriller schnell an und ausblinken, ist ein aufschreckender Effekt, kann jedoch nicht natürlich durch Quecksilberdampflampen erzeugt werden, welche bis zu fünf Minuten brauchen, um sich aufzuwärmen und das geeignete farbige Licht erzeugen.

[0176] Andere visuell empfindlichen Felder hängen ab vom Licht einer spezifischen Farbtemperatur oder eines spezifischen Spektrums. Beispielsweise verlangen Chirurgen und Zahnärzte farbiges Licht, das die Kontraste zwischen unterschiedlichen Geweben, sowie zwischen gesundem und krankem Gewebe hervorhebt. Ärzte sind oft auf Sucher oder Marker angewiesen, die Farbe einer spezifischen Wellenlänge oder eines spezifischen Spektrums reflektieren, bestrahlen oder fluoreszieren, um ihnen zu ermöglichen, Blutgefäße oder andere kleine Strukturen zu erkennen. Sie können diese Strukturen durch Beleuchten mit Licht einer spezifischen Wellenlänge in dem allgemeinen Bereich, wo die Sucher sich befinden sehen, und können die resultierende Reflektion oder Fluoreszierung der Sucher sehen. In vielen Fällen können verschiedene Vorgehensweisen von der Verwendung einer kundenspezifischen Farbtemperatur profitieren oder einer speziellen Lichtfarbe, die den Notwendigkeiten einer jeden speziellen Prozedur angepasst ist. Somit ist ein System zur Visualisierung von medizinischen, zahnärztlichen oder anderen bildgebenden Bedingungen vorgesehen. In einer Ausführungsform verwendet das System LEDs, um einen gesteuerten Bereich von Licht innerhalb eines vorbestimmten Spektrums zu erzeugen.

[0177] Darüber hinaus gibt es oft den Wunsch die Beleuchtungsbedingungen während einer Aktivität zu ändern: eine Bühne soll ihre Farbe ändern, wenn angenommen wird, dass die Sonne aufgeht, eine Farbänderung kann auftreten, um die Änderung der Farbe des fluoreszierenden Suchers zu ändern, oder ein Raum soll die Farbe langsam ändern, um einen Besucher sich unbequemer fühlen zu lassen mit dem Licht, je länger sein Verweilen ansteigt.

[0178] Die Beleuchtungssysteme und Verfahren können insbesondere in diesen oben genannten Anwendungen sowie in anderen Anwendungen nützlich sein, wie sie von dem Durchschnittsfachmann verstanden werden.

[0179] Während die Erfindung in Verbindung mit Ausführungsformen gezeigt wurde, die dargestellt und im Detail beschrieben sind, ergeben sich für den Durchschnittsfachmann viele äquivalente, Änderungen und Verbesserungen aus der obigen Beschreibung. Derartige Äquivalente, Veränderungen und Verbesserungen werden von den nachfolgenden Ansprüchen mit eingeschlossen.

Patentansprüche

1. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) zur Erzeugung von Weißlicht mit:
einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (**320, 5007**), wobei die Mehrzahl Einzelbeleuchtungsquellen umfasst, die angeordnet sind, um elektromagnetische Strahlung von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren (**1201, 1301**) hervorzubringen, und einer Halterung (**5005**), die die Mehrzahl hält, wobei die Halterung so angeordnet ist, um den Spektren der Mehrzahl zu ermöglichen, sich zu mischen und ein Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) zu bilden, das im Bereich von 400 nm bis 700 nm kontinuierlich ist,
dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen lediglich LEDs aufweist, wobei die LEDs eine erste weiße LED einschließlich eines Leuchtstoffes aufweisen, um ein erstes Spektrum (**1201**) aus den mindestens zwei unterschiedlichen Spektren zu erzeugen, sowie eine zweite weiße LED einschließlich Leuchtstoff, um ein zweites Spektrum (**1301**) aus den mindestens zwei unterschiedlichen Spektren zu erzeugen;
und die Beleuchtungsvorrichtung einen datengesteuerten Prozessor (**316**) umfasst, der konfiguriert ist, unabhängig die erste weiße LED und die zweite weiße LED auf Grundlage der Daten zu steuern, so dass eine Variierung der Intensität der ersten weißen LED und der zweiten weißen LED möglich ist, um den Farbtemperaturbereich des Ergebnisspektrums innerhalb eines vorbestimmten Farbbereichs zu variieren;
wobei der sichtbare Bereich des Ergebnisspektrums eine größere Intensität als das Hintergrundrauschen bei seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist.
2. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei das Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) eine Intensität an seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist, welche mindestens 5% der Intensität an seinem maximalen Spektralspitzenwert beträgt.
3. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei das Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) eine Intensität an seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist, welche mindestens 10% der Intensität an seinem maximalen Spektralspitzenwert beträgt.
4. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei das Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) eine Intensität an seiner niedrigsten Spektralsenke

aufweist, die mindestens 25% seiner Intensität an seinem maximalen Spektralspitzenwert beträgt.

5. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 4, wobei das Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) eine Intensität an seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist, die mindestens 50% seiner Intensität an seinem maximalen Spektralspitzenwert beträgt.
6. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei das Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) eine Intensität an seiner niedrigsten Spektralsenke aufweist, die mindestens 75% seiner Intensität an seinem maximalen Spektralspitzenwert beträgt.
7. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei der Farbwiedergabeindex (Color Rendering Index; CRI) der Beleuchtungsvorrichtung bei 4800 K mindestens 80 beträgt.
8. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 7, wobei der Farbwiedergabeindex (Color Rendering Index; CRI) der Beleuchtungsvorrichtung bei 4800 K mindestens 50 beträgt.
9. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei:
jedes der ersten und zweiten Spektren einen maximalen Spektralspitzenwert außerhalb des Bereichs 510 nm bis 570 nm aufweist; und
der Prozessor (**316**) angeordnet ist, um den Betrieb der Einzelbeleuchtungsquellen (**320, 5007**) zu steuern, um elektromagnetische Strahlung von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren (**1201, 1301**) hervorzubringen, so dass das Ergebnisspektrum innerhalb des photopischen Wahrnehmungsbereichs des menschlichen Auges kontinuierlich ist.
10. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei der Farbtemperaturbereich sich von ungefähr 2300 K bis ungefähr 4500 K erstreckt.
11. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 9, wobei mindestens zwei unterschiedliche Spektren (**1201, 1301**) genau zwei unterschiedliche Spektren aufweisen.
12. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 9, wobei mindestens zwei unterschiedliche Spektren (**1201, 1301**) genau drei unterschiedliche Spektren aufweisen.
13. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 9, die weiterhin einen Filter (**391**) zum Herbeiführen des Spektrums von mindestens einem aus der Mehrzahl aufweist.
14. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 13, wobei der Filter (**391**) ausgewählt ist, um der Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) das Hervor-

bringen eines vorgewählten Farbbereichs zu ermöglichen.

15. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 13, wobei der Filter (**391**) aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Filtern ausgewählt ist.

16. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 1, wobei jede der Vielzahl der Einzelbeleuchtungsquellen (**320, 5007**) derart eingerichtet sind, um eines von drei vorgewählten Spektren hervorzubringen, wobei jedes der Spektren einen maximalen Spektral spitzenwert außerhalb des von 530 nm und 570 nm begrenzten Bereichs aufweist, wobei eine additive Interferenz der Spektren Weißlicht ergibt.

17. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 16, wobei mindestens eines der vorgewählten Spektren einen maximalen Spektral spitzenwert von etwa 450 nm aufweist.

18. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 16, wobei mindestens eines der vorgewählten Spektren einen maximalen Spektral spitzenwert von ungefähr 592 nm aufweist.

19. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 16, wobei der Farbtemperaturbereich sich von ungefähr 2300 K bis ungefähr 4500 K erstreckt.

20. Beleuchtungsvorrichtung (**300, 5000**) nach Anspruch 16, wobei weiterhin Mittel zur Steuerung eingerichtet sind, eine bestimmte Farbtemperatur innerhalb des auszuwählenden Farbtemperaturbereichs auszuwählen, wobei die Mittel zur Steuerung eingerichtet sind, um ein Signal zu erzeugen, das die Farbtemperatur darstellt; und wobei der Prozessor (**316**) geeignet ist, das Signal von den Mitteln der Steuerung zu empfangen und die Intensität jeder der Vielzahl von LEDs zu steuern.

21. Verfahren zur Erzeugung von Licht mit den Schritten:

Aufbauen einer Mehrzahl von Einzelbeleuchtungsquellen (**320, 5007**), die elektromagnetische Strahlung von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren (**1201, 1301**) in einer solchen Weise hervorbringen, um die Spektren zu mischen,

dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzahl von Beleuchtungsquellen (**320, 5007**) ausschließlich aus LEDs besteht, wobei eine erste LED einschließlich Leuchtstoff eine erste Strahlung emittiert, und eine zweite LED einschließlich Leuchtstoff eine zweite Strahlung emittiert, wobei die erste Strahlung ein erstes Spektrum aus mindestens zwei verschiedenen Spektren und die zweite Strahlung ein zweites Spektrum aus mindestens zwei verschiedenen Spektren aufweist, wobei sich das zweite Spektrum vom ersten Spektrum unterscheidet;

Auswählen von mindestens zwei unterschiedlichen Spektren (**1201, 1301**) in einer solchen Weise, dass die Mischung der Spektren ein Ergebnisspektrum (**2201, 2203**) bildet, das, innerhalb seines sichtbaren Bereichs, eine Intensität an einer niedrigsten Spektralsenke aufweist, die größer als das Hintergrundrauschen ist; und

Einstellen der relativen Intensitäten der ersten weißen LED und der zweiten weißen LED.

22. Verfahren nach Anspruch 21, das weiterhin folgenden Schritt aufweist:
Vorsehen eines Filters (**319**) zum Verschieben der Farbtemperatur mindestens einer Einzelbeleuchtungsquelle.

23. Verfahren nach Anspruch 21, wobei das zweite Spektrum grünes und rotes Licht aufweist.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

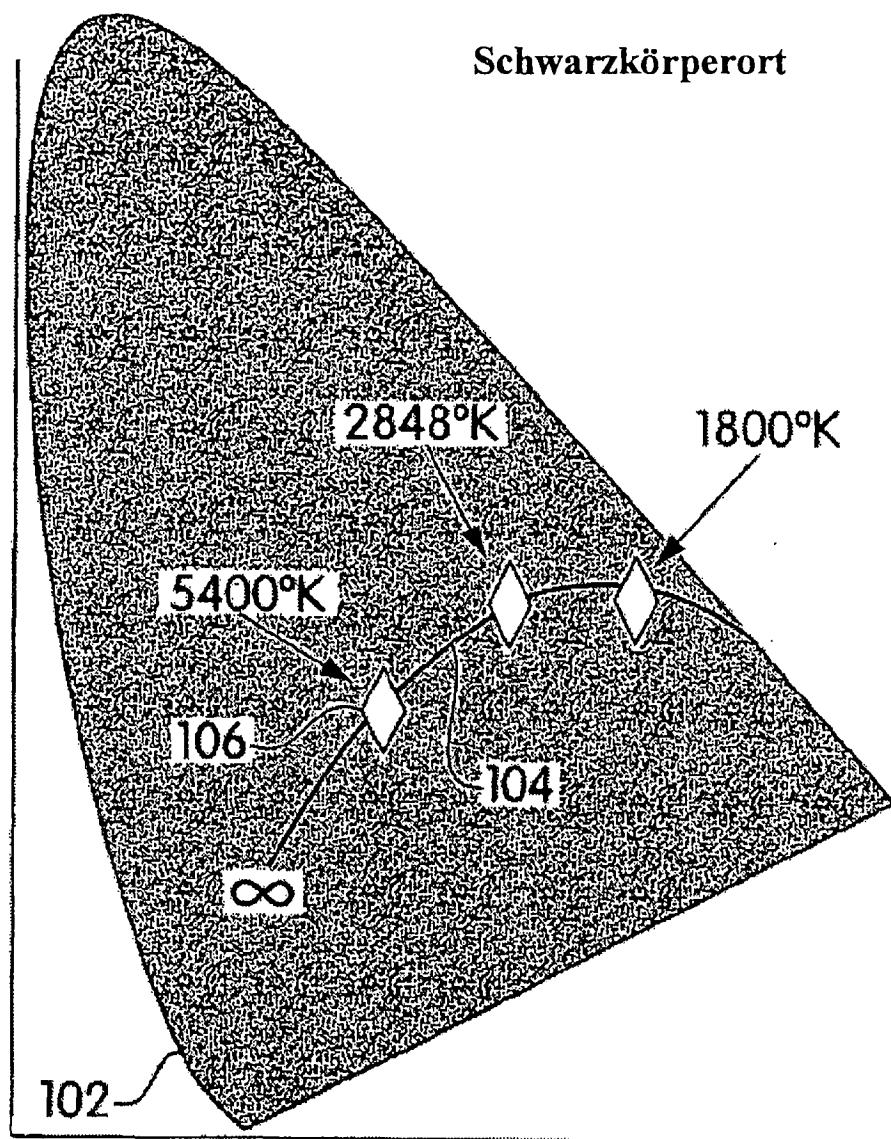


Fig. 1
(Stand der Technik)

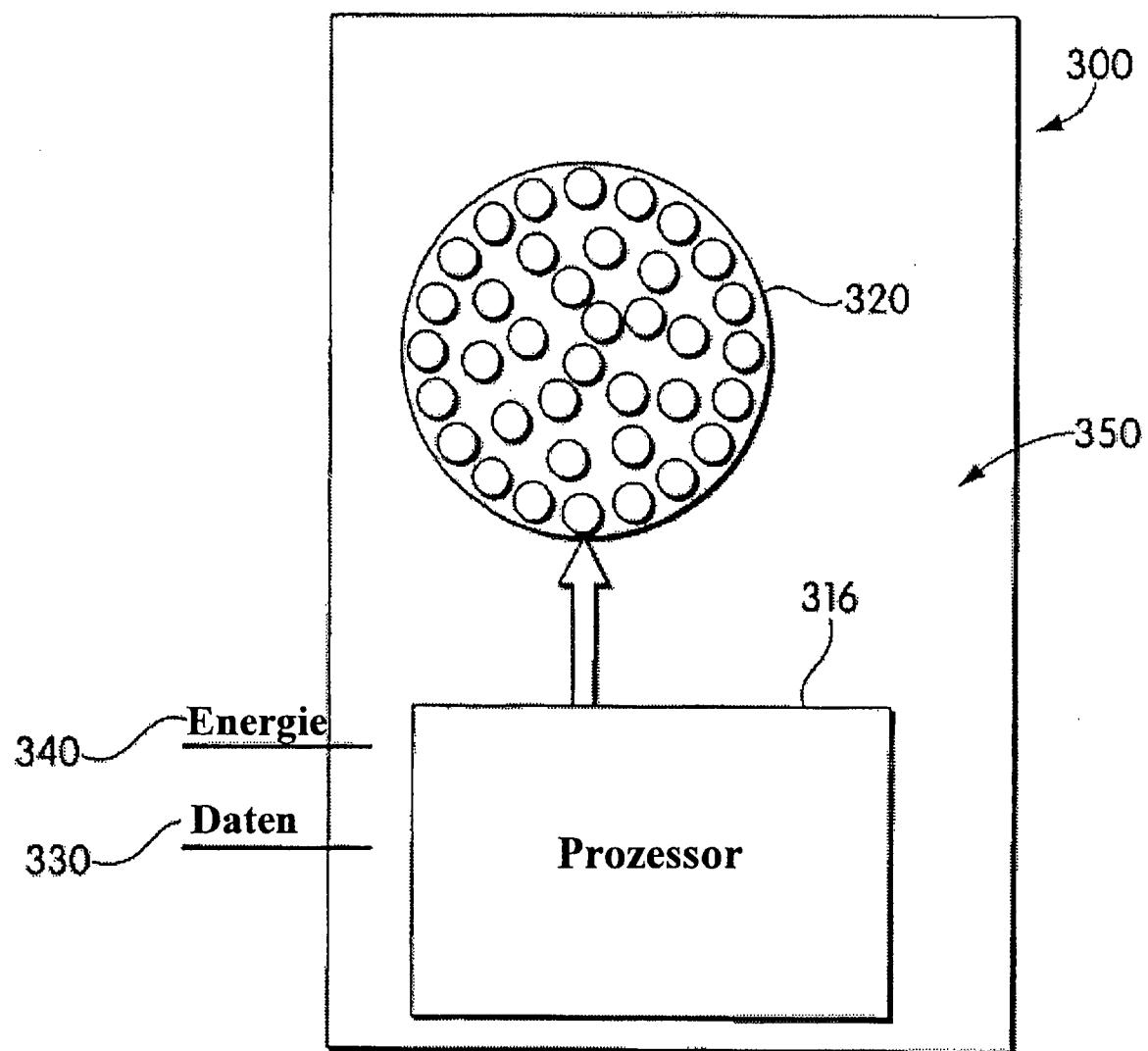


Fig. 2

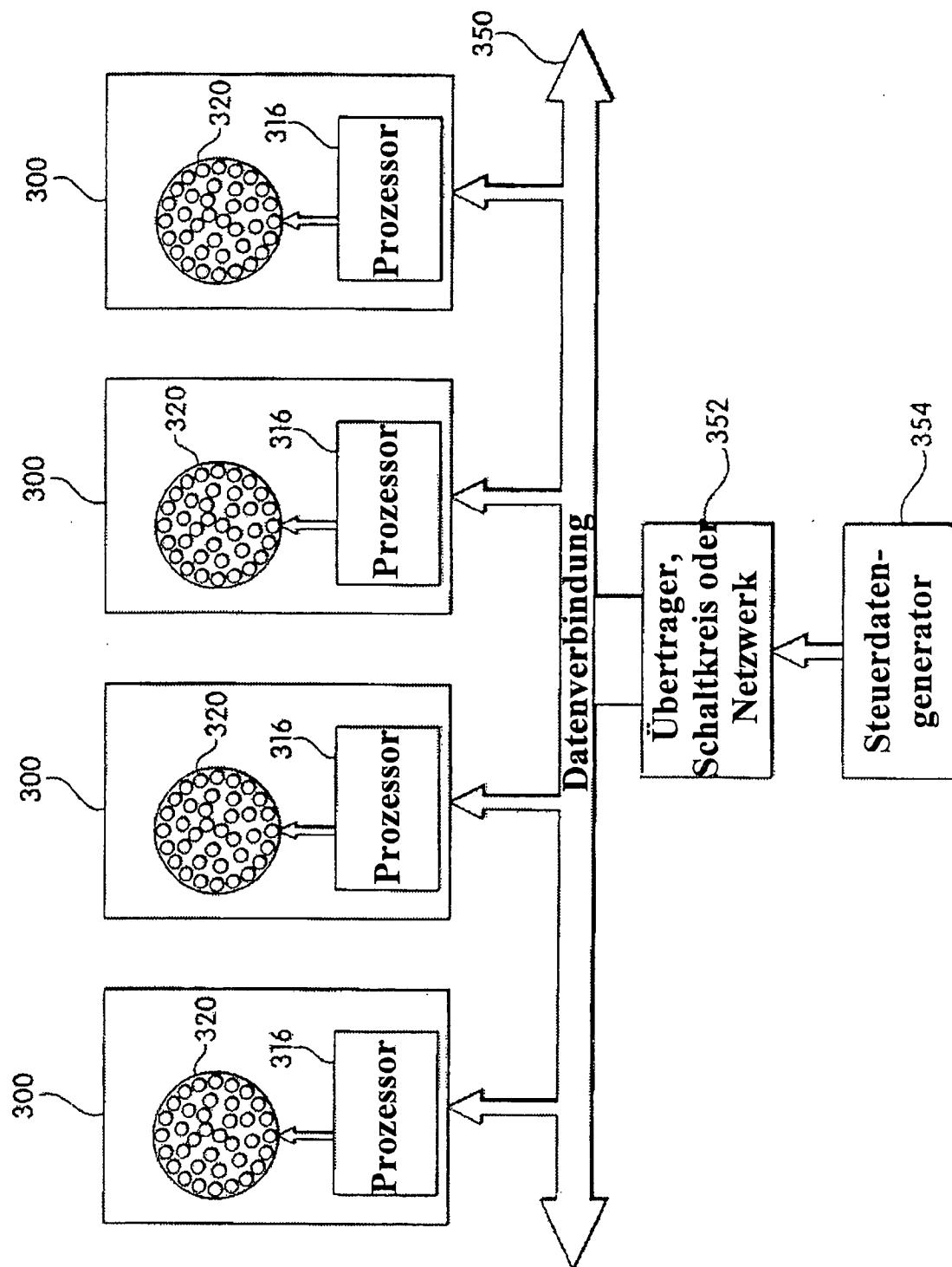


Fig. 3

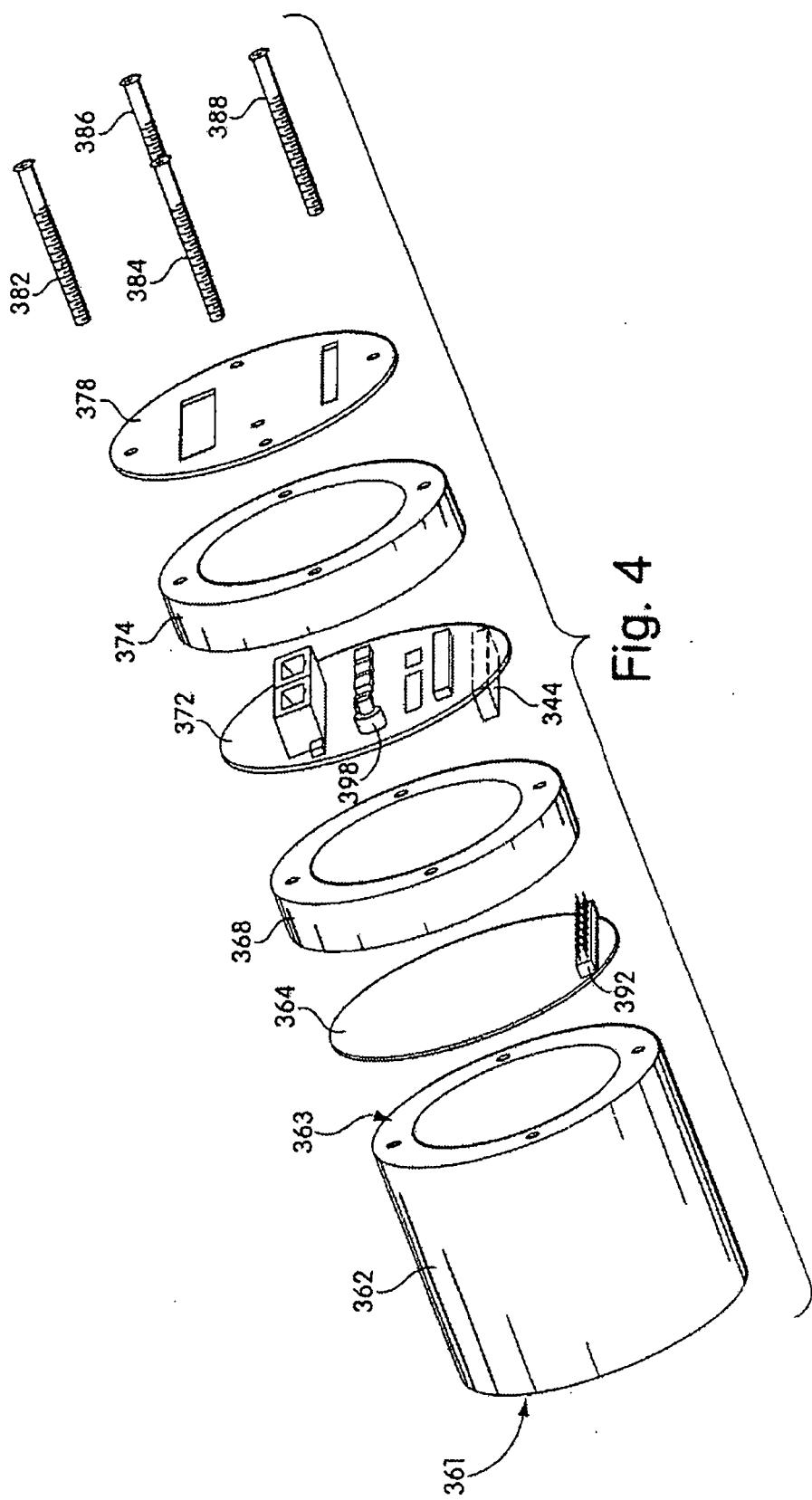


Fig. 4

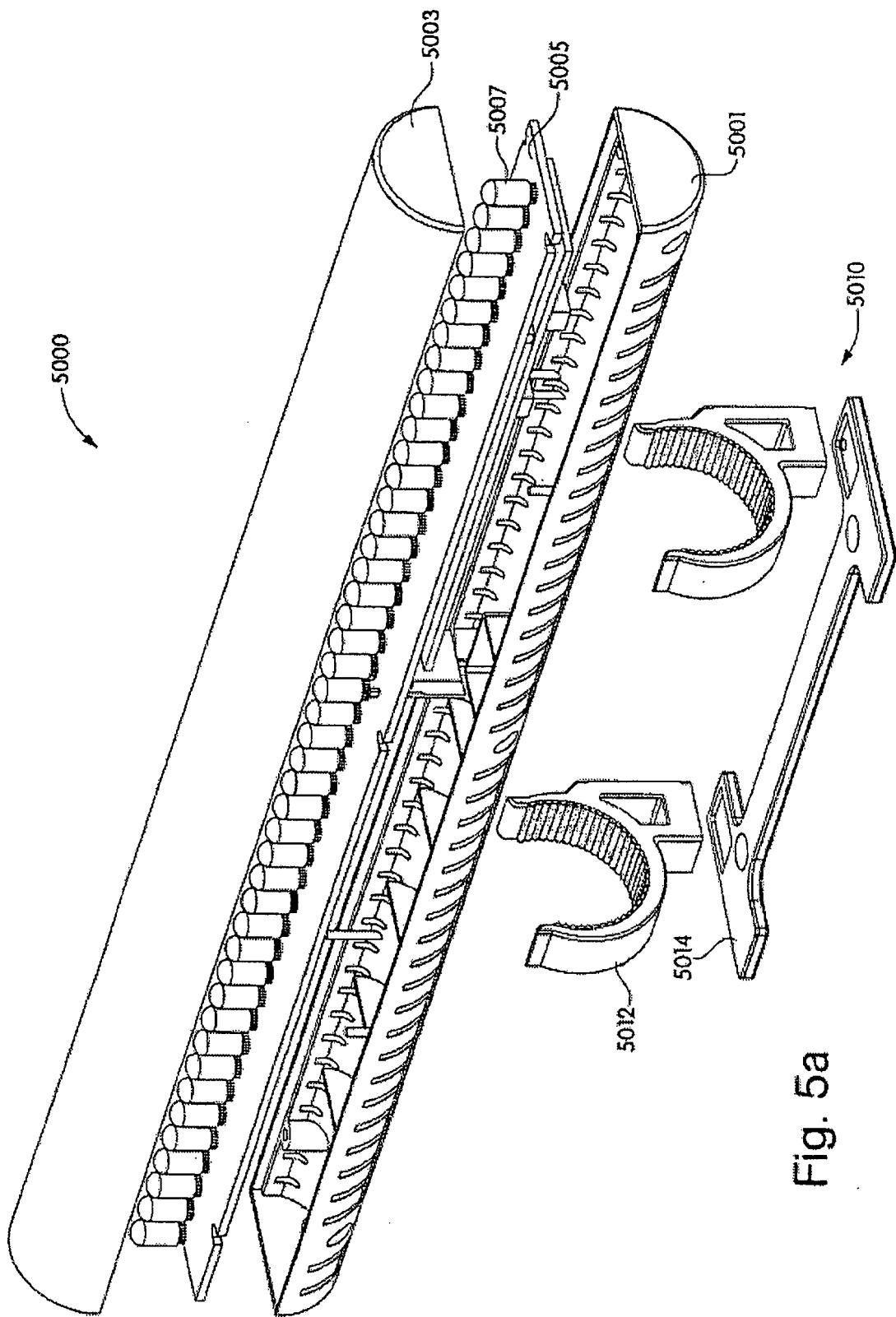


Fig. 5a

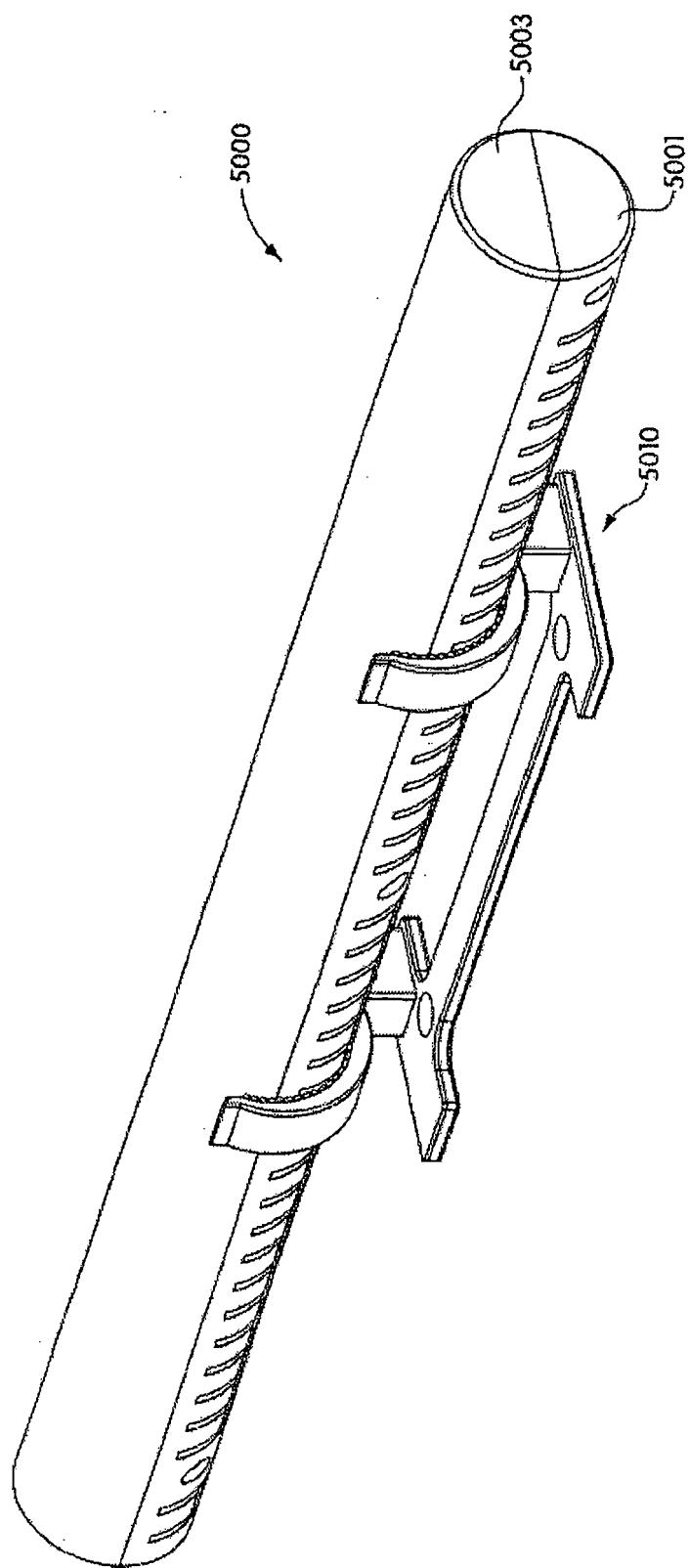
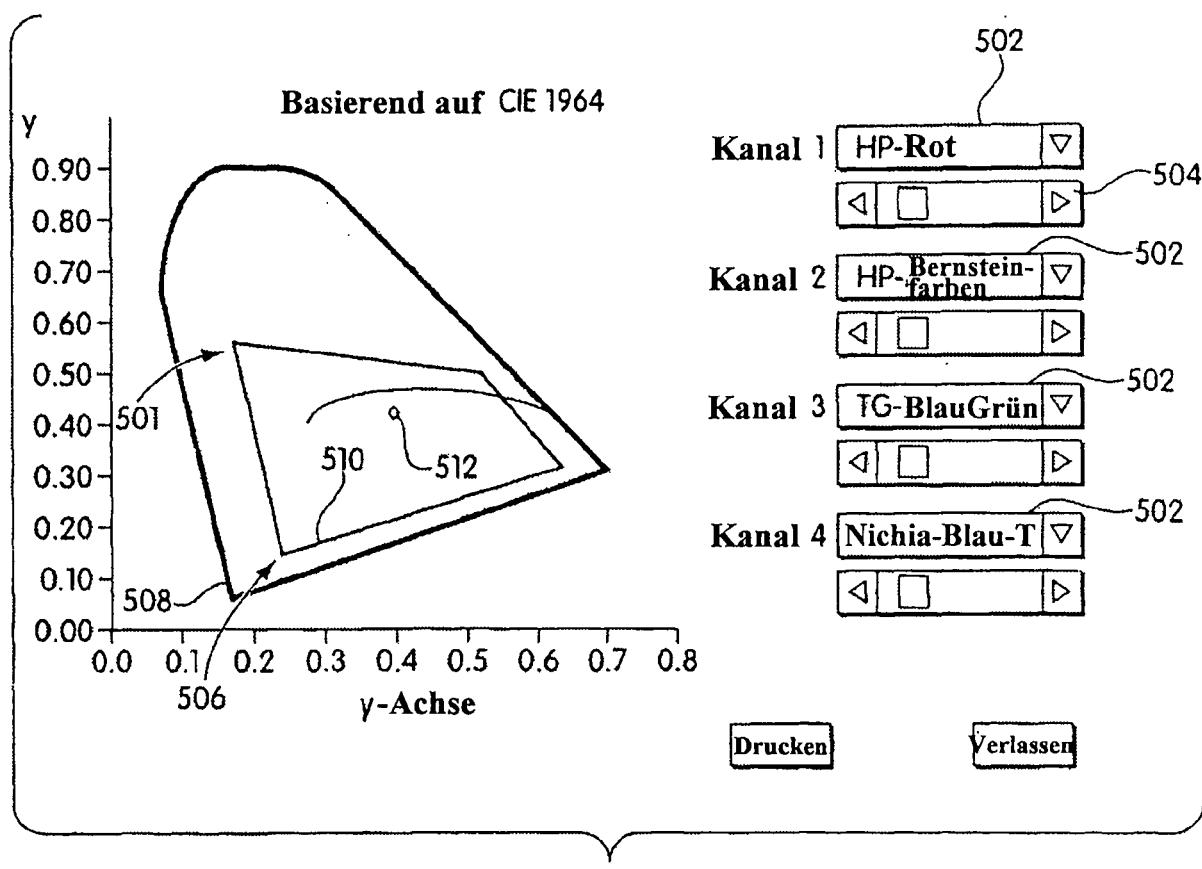


Fig. 5b



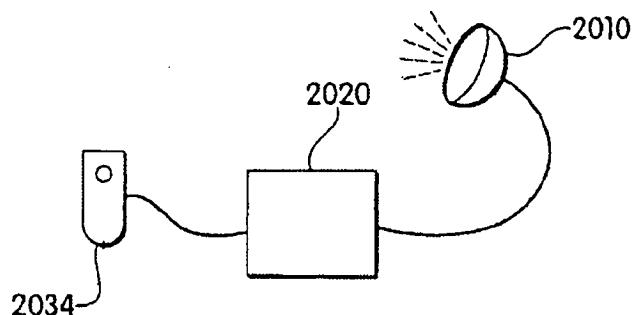


Fig. 7

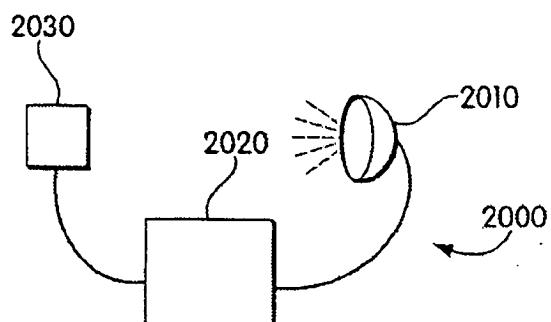


Fig. 8a

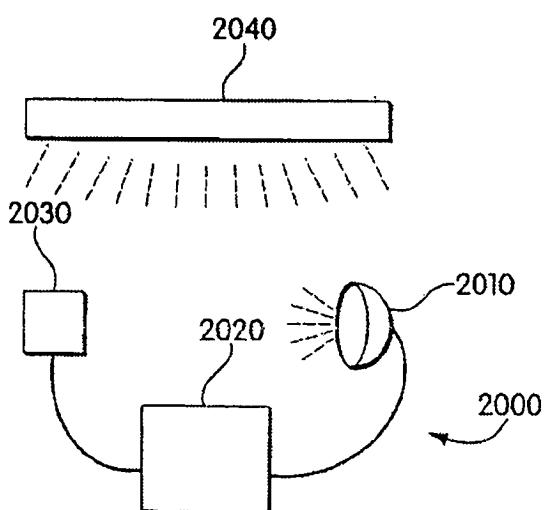


Fig. 8b

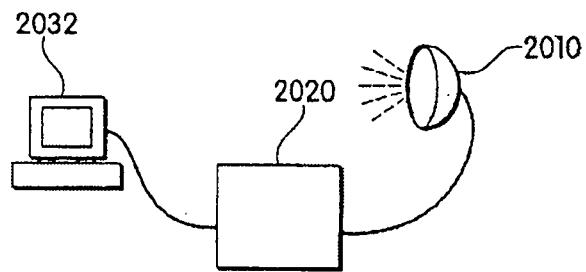


Fig. 9

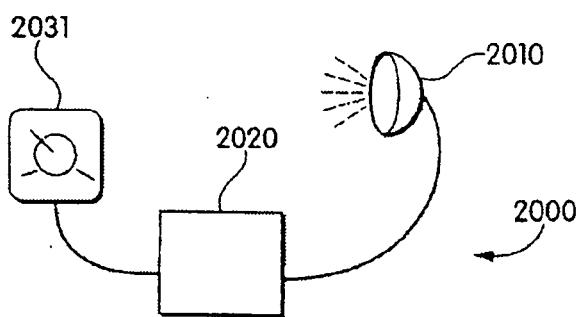


Fig. 10a

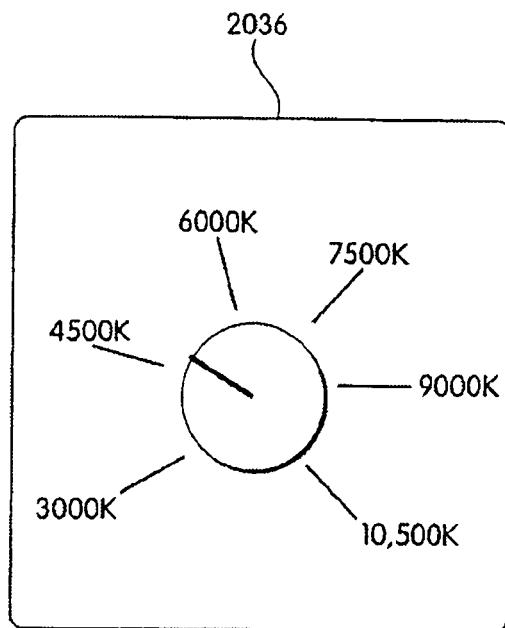


Fig. 10b

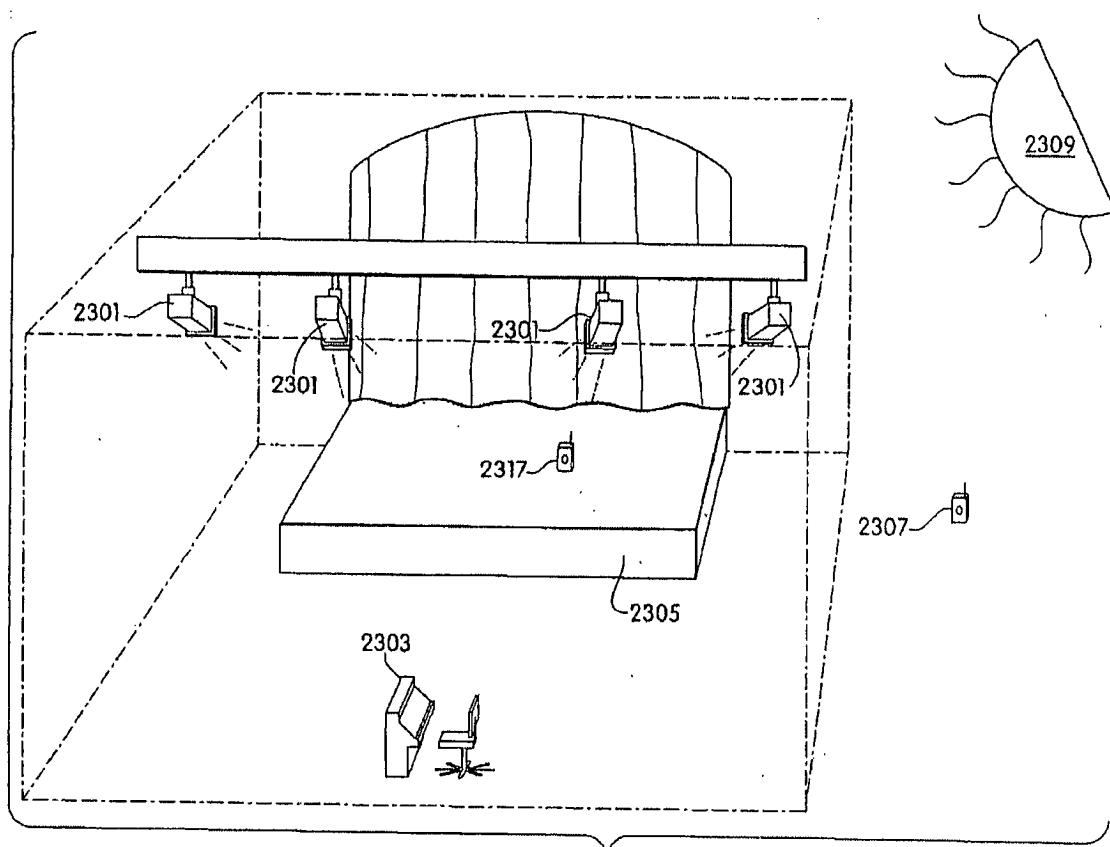


Fig. 11

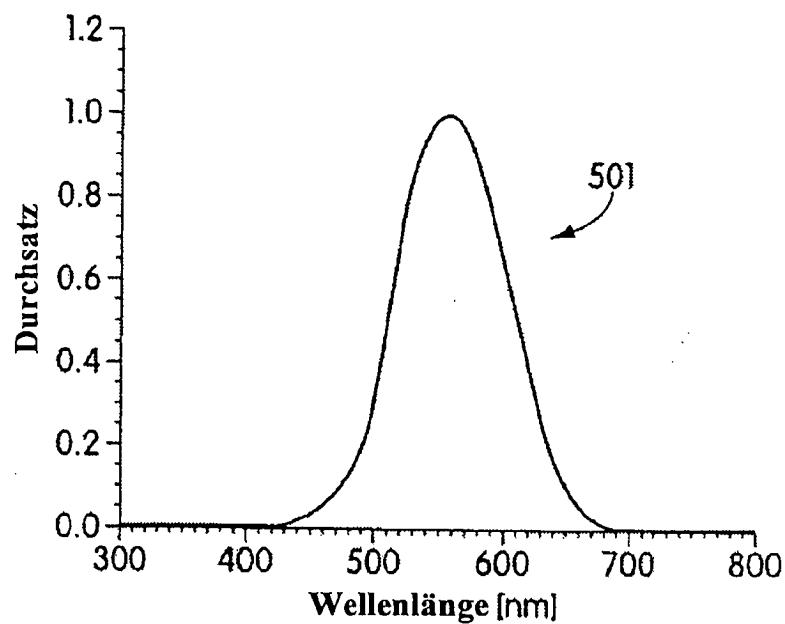


Fig. 12

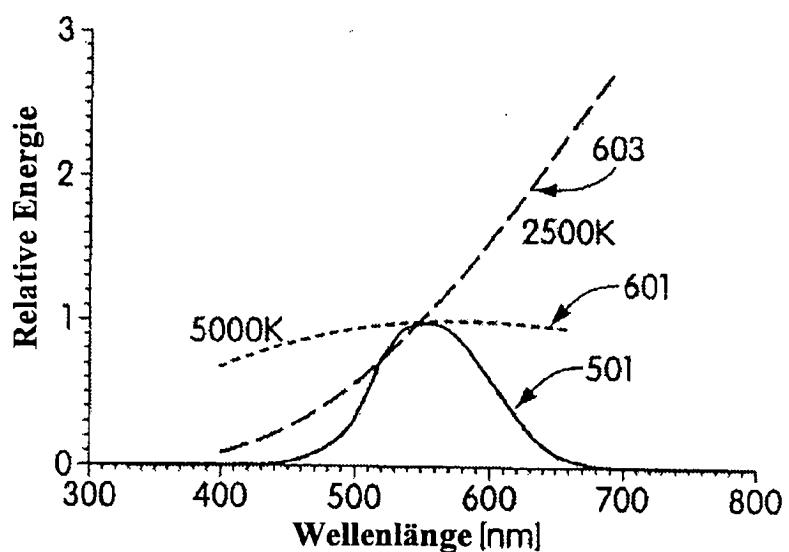


Fig. 13

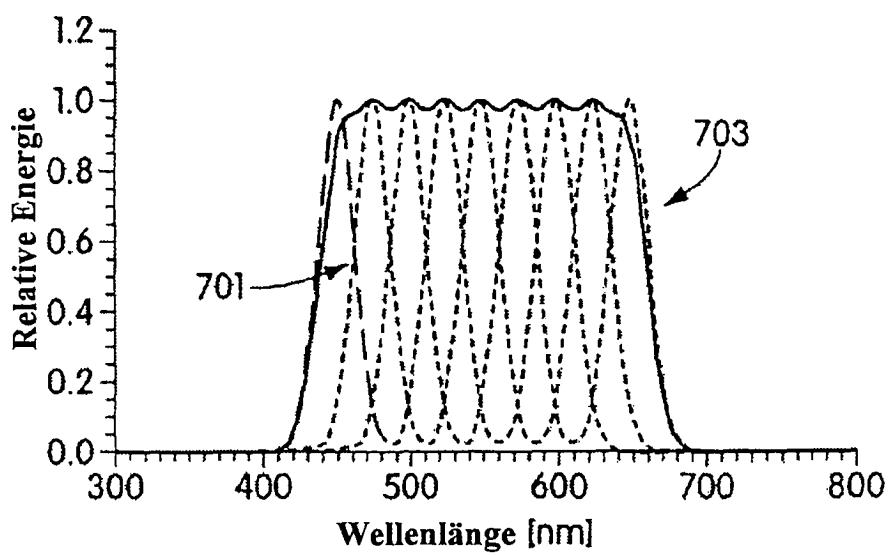


Fig. 14

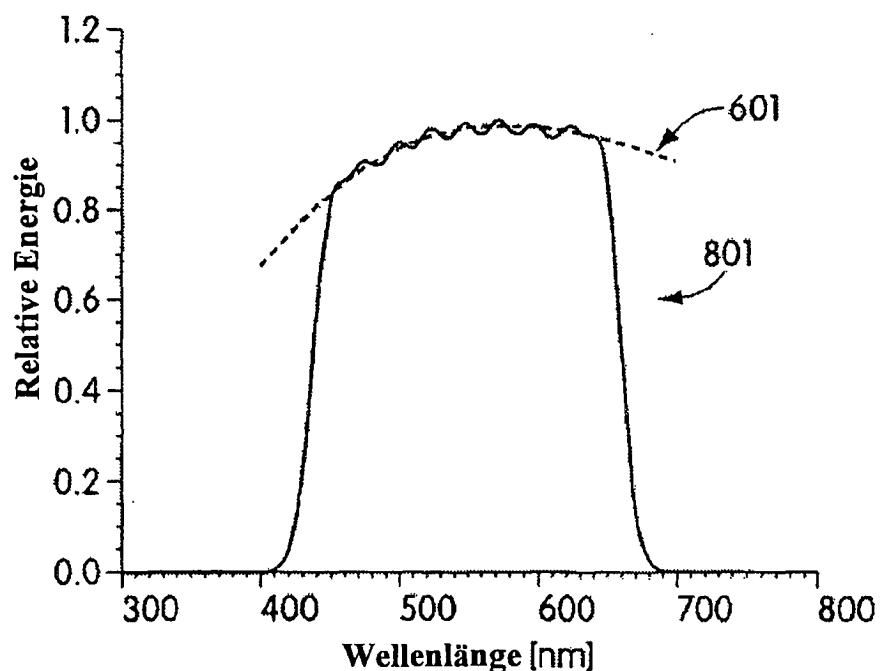


Fig. 15a

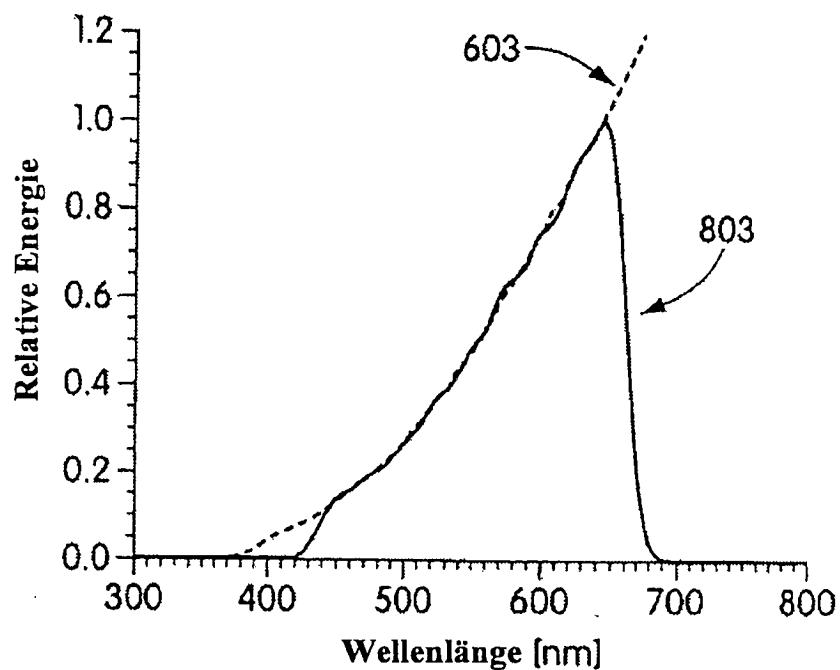


Fig. 15b

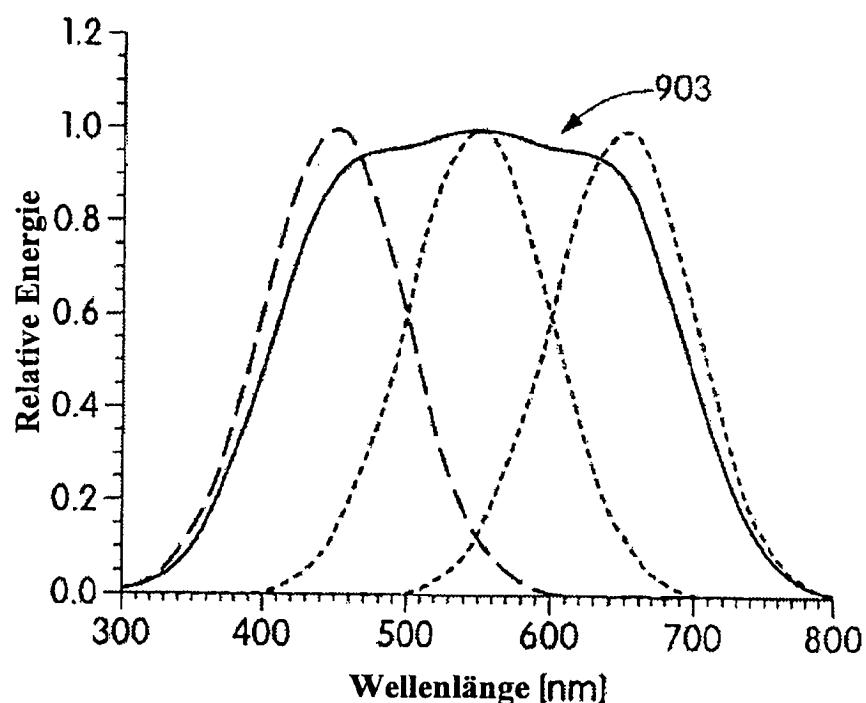


Fig. 16

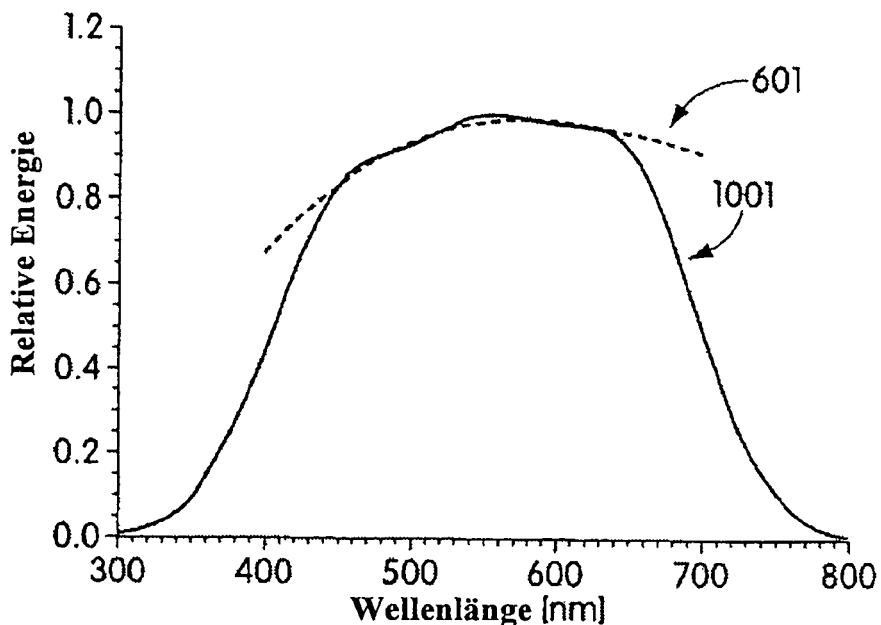


Fig. 17a

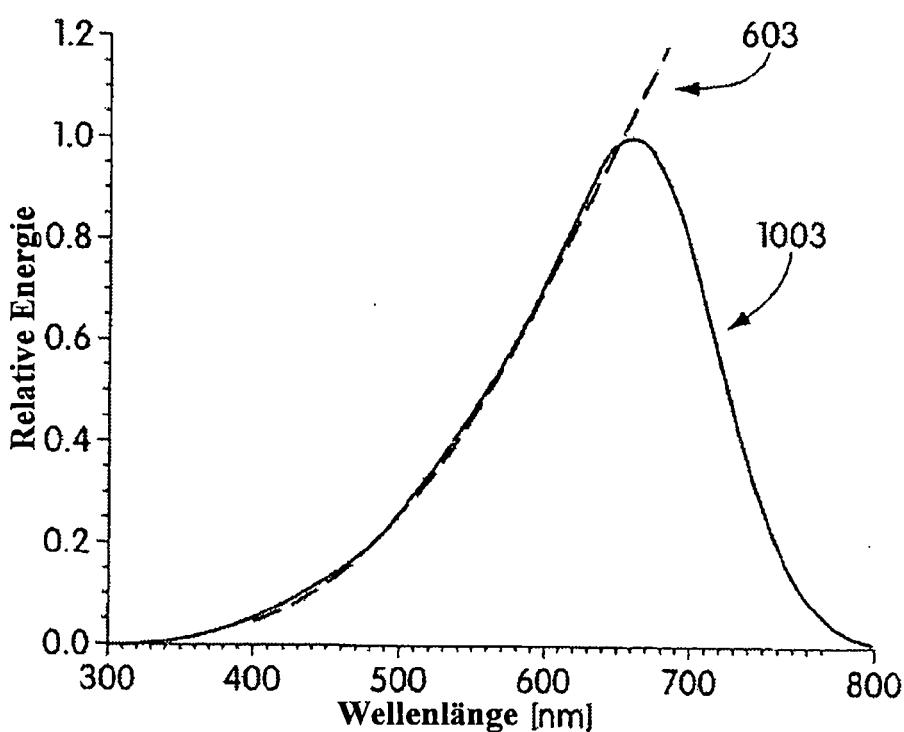


Fig. 17b

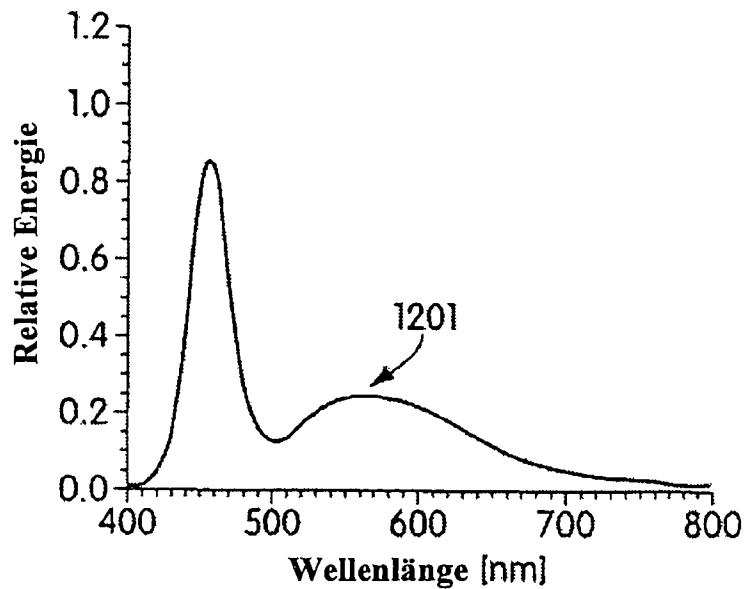


Fig. 18

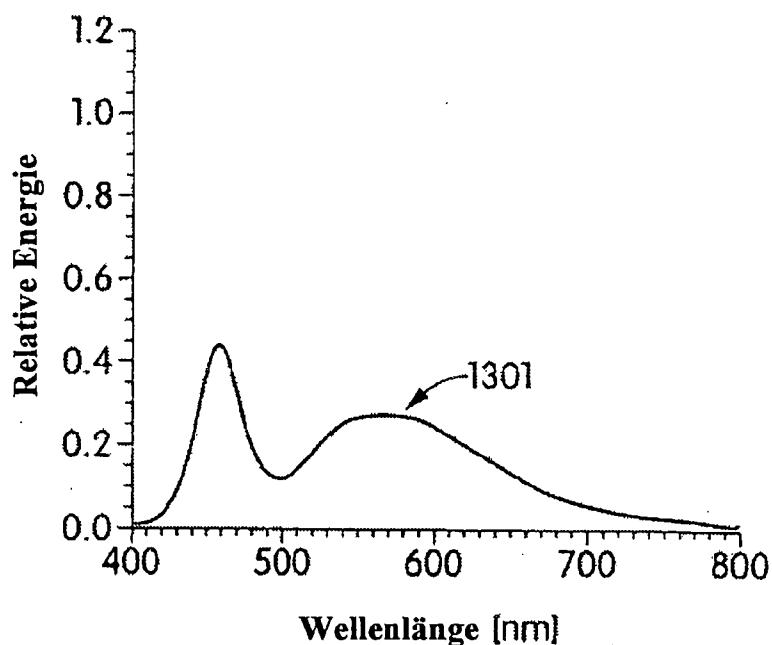


Fig. 19

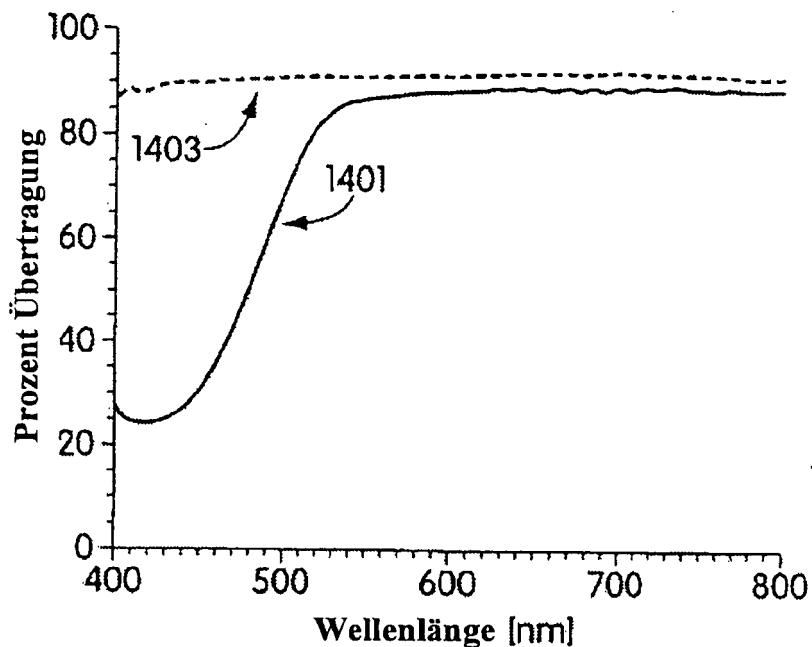


Fig. 20

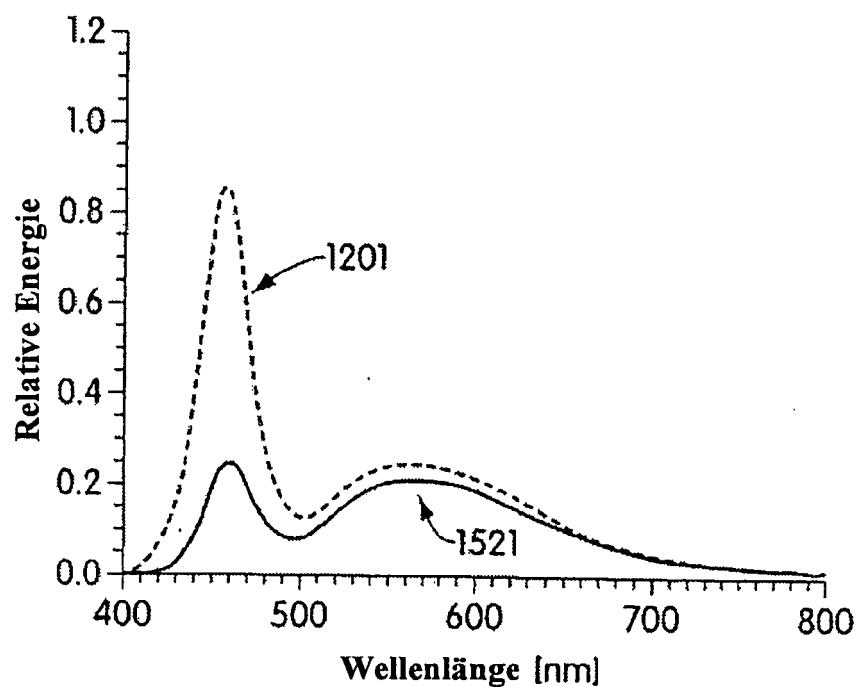


Fig. 21a

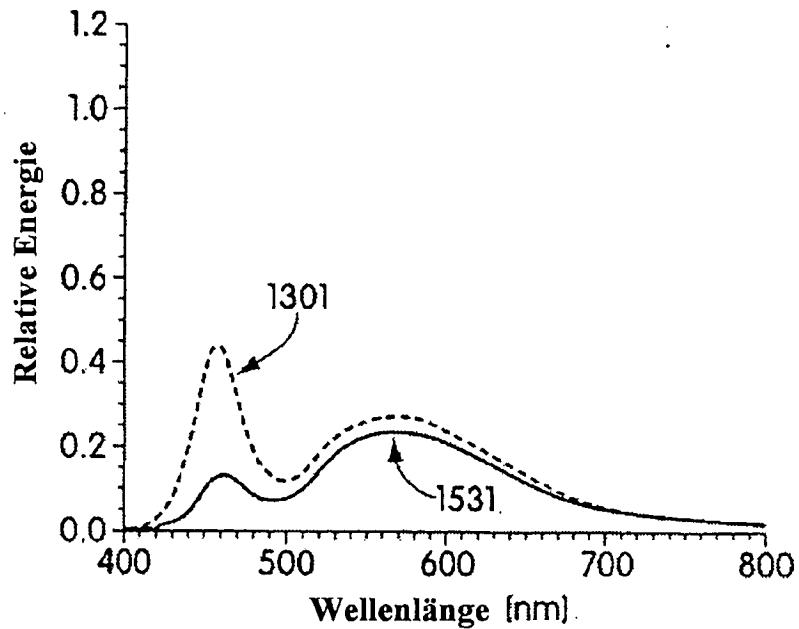


Fig. 21b

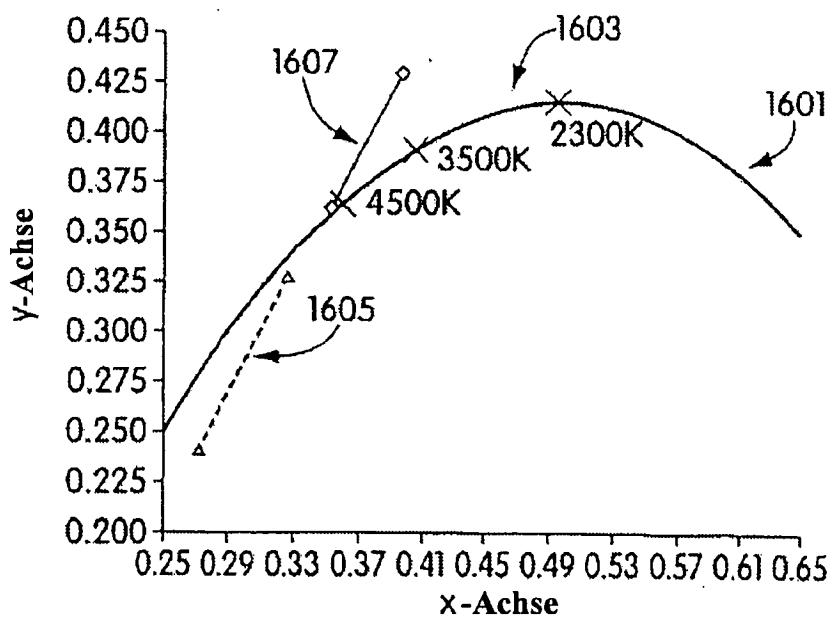


Fig. 22

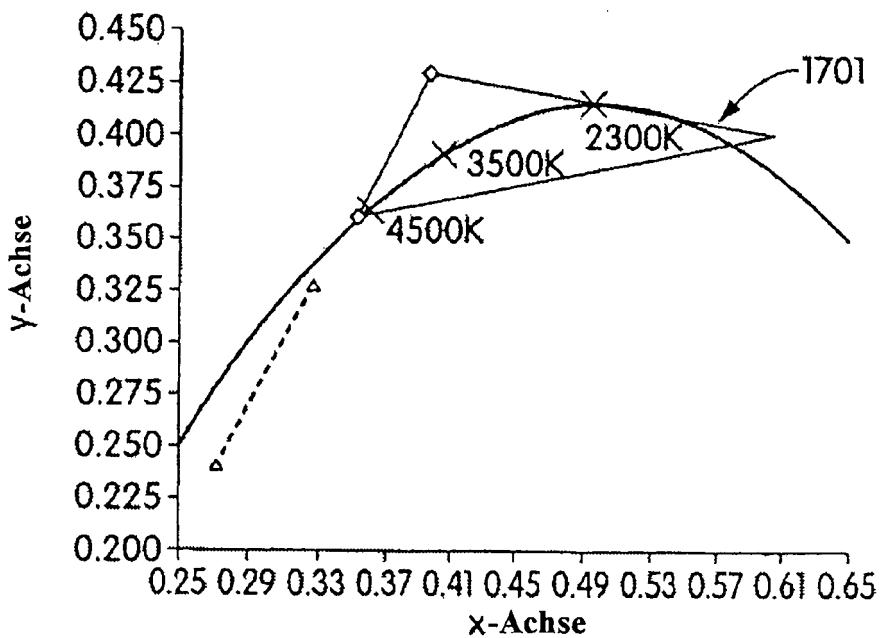


Fig. 23

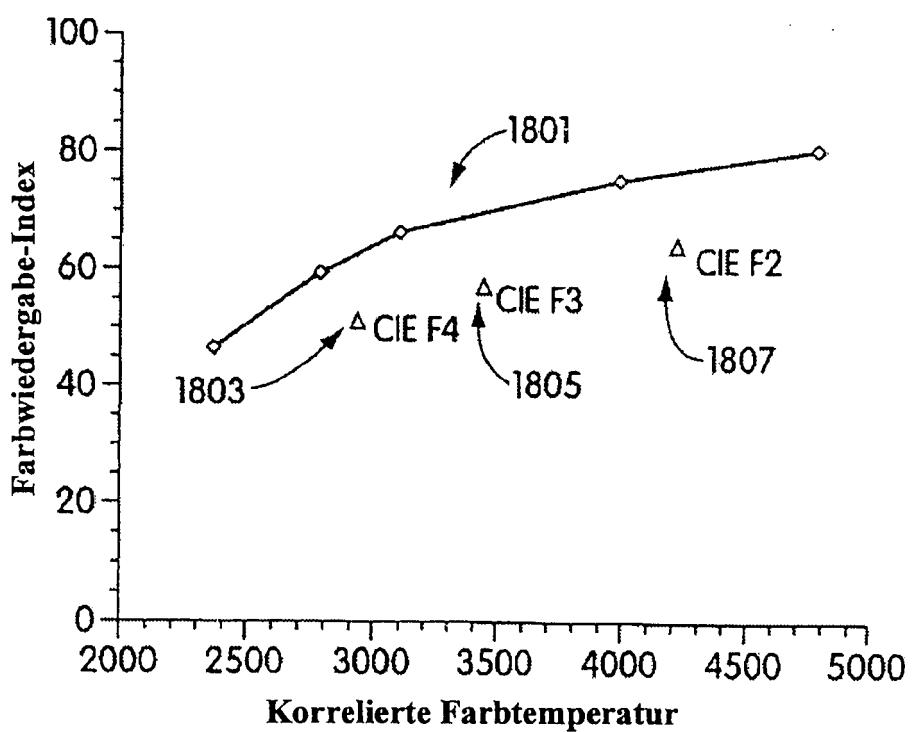


Fig. 24

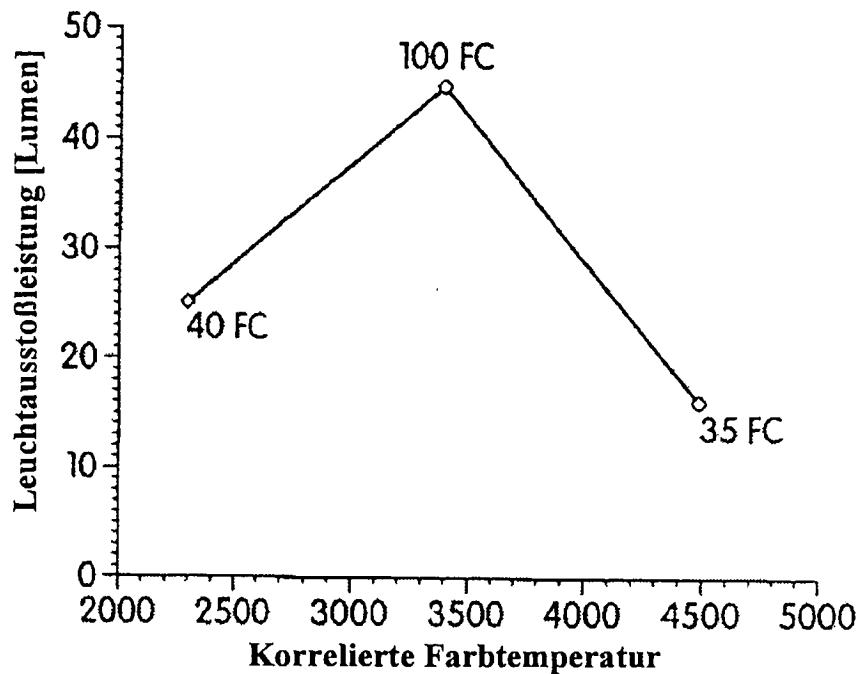


Fig. 25

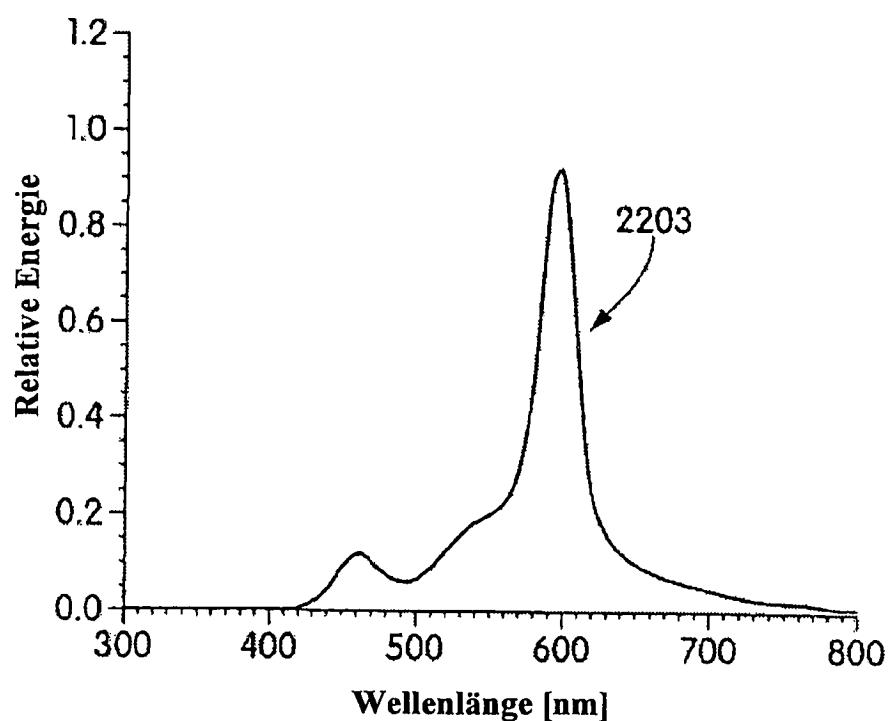


Fig. 26a

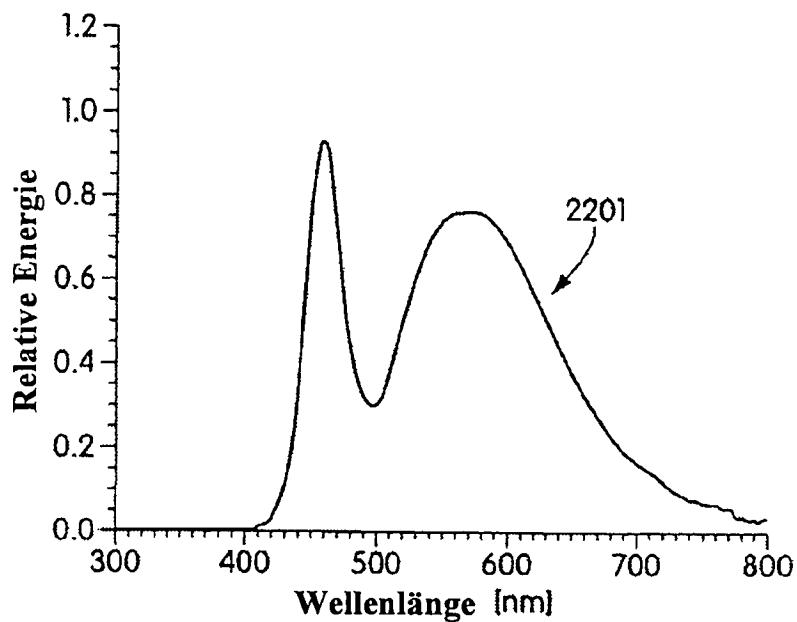


Fig. 26b

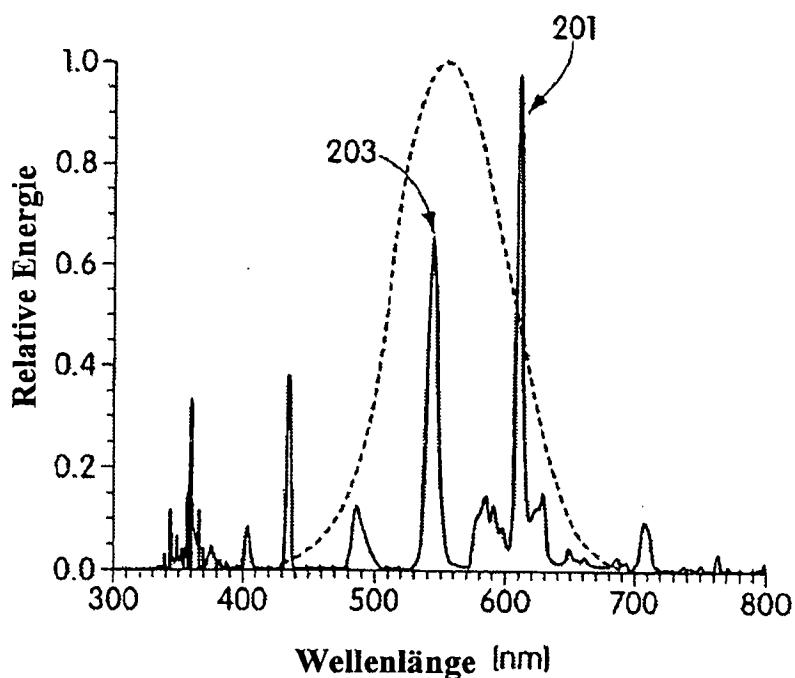


Fig. 27
(Stand der Technik)

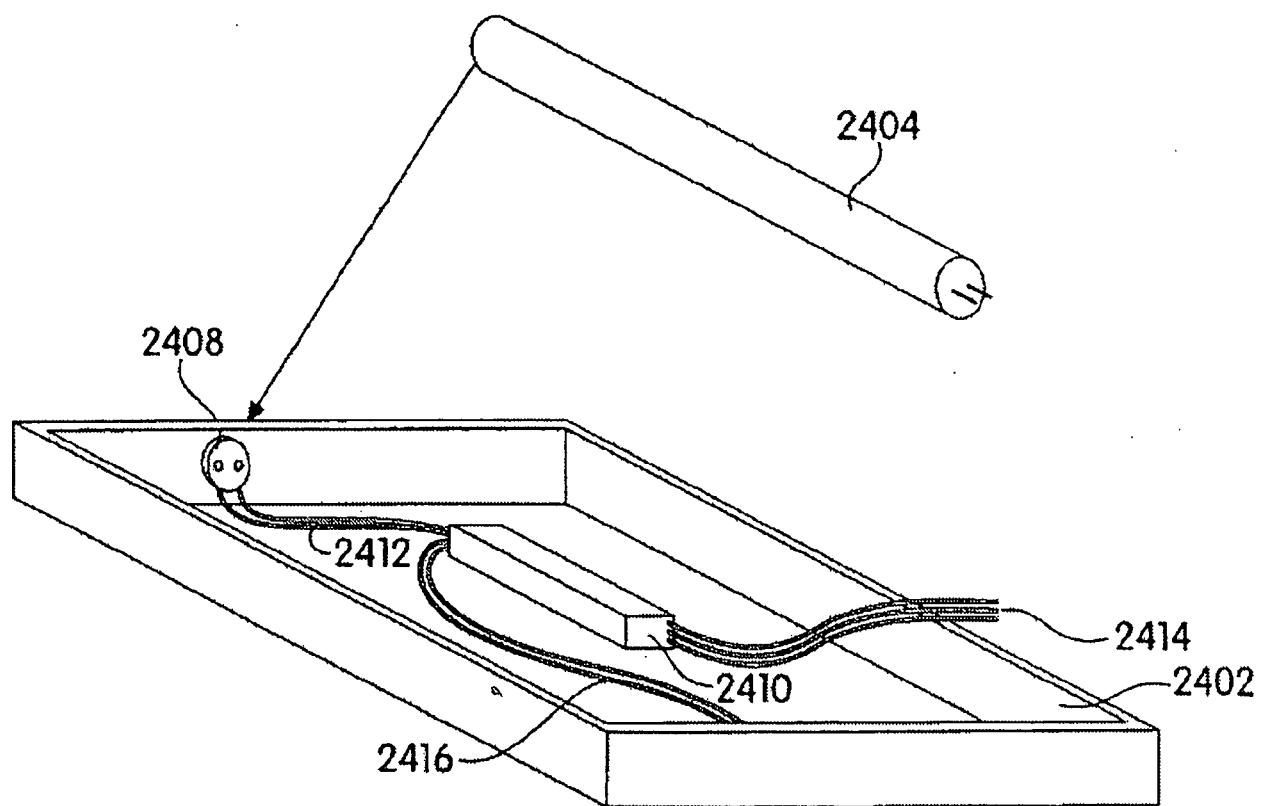
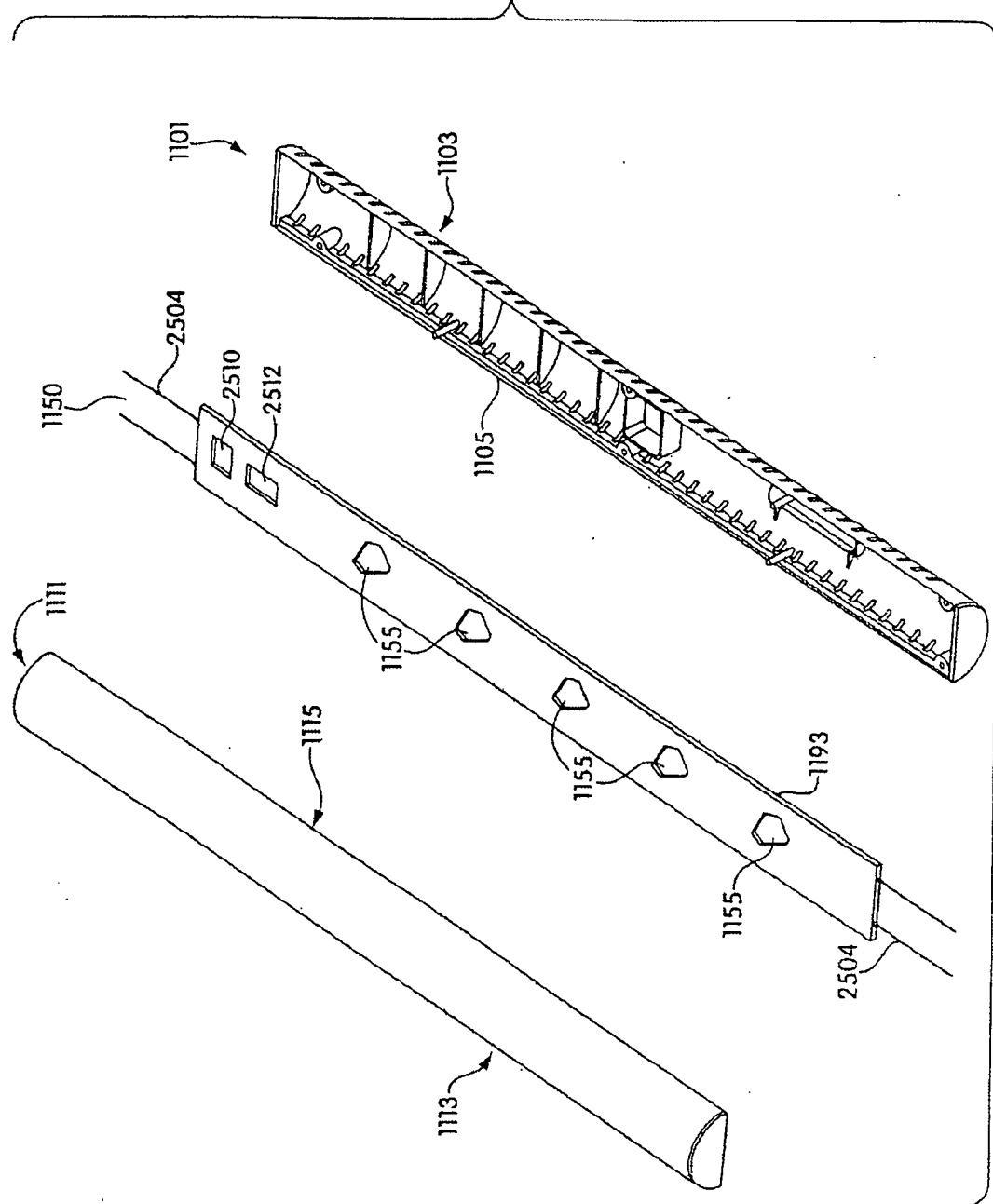


Fig. 28
(Stand der Technik)

Fig. 29



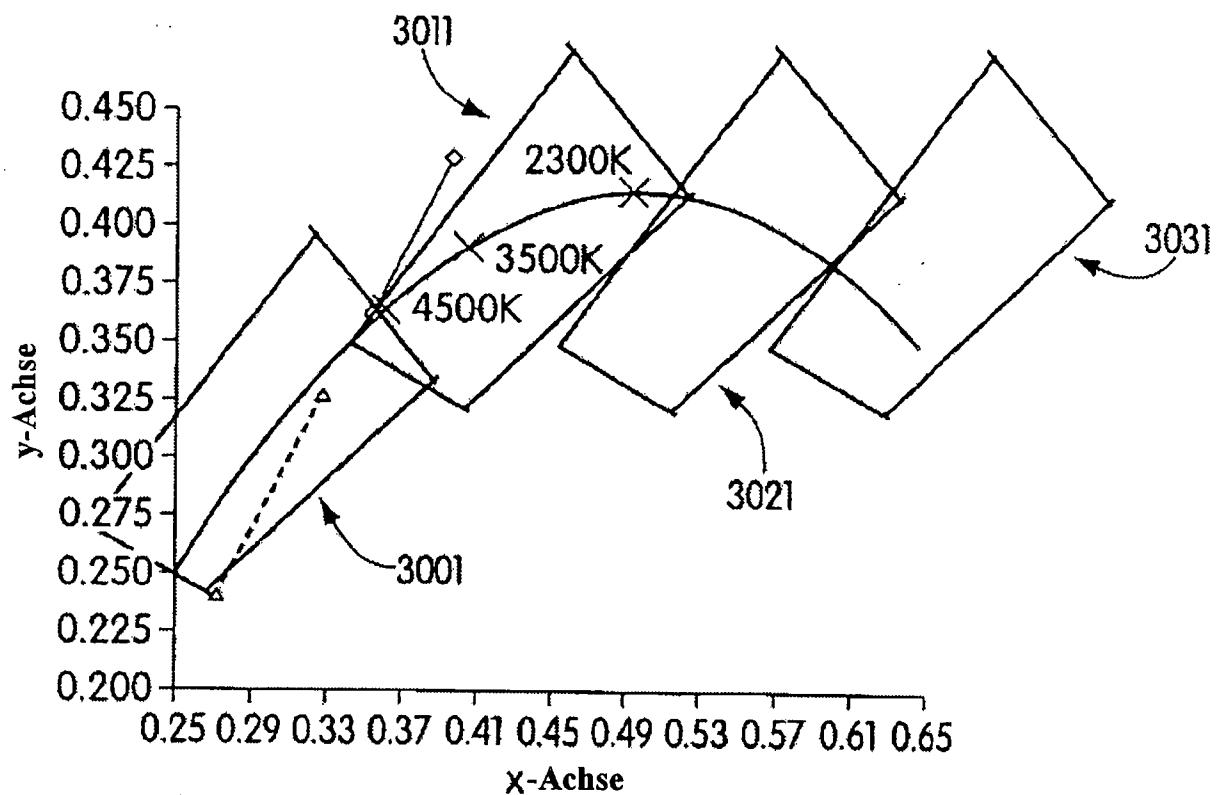


Fig. 30