

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. September 2008 (18.09.2008)

PCT

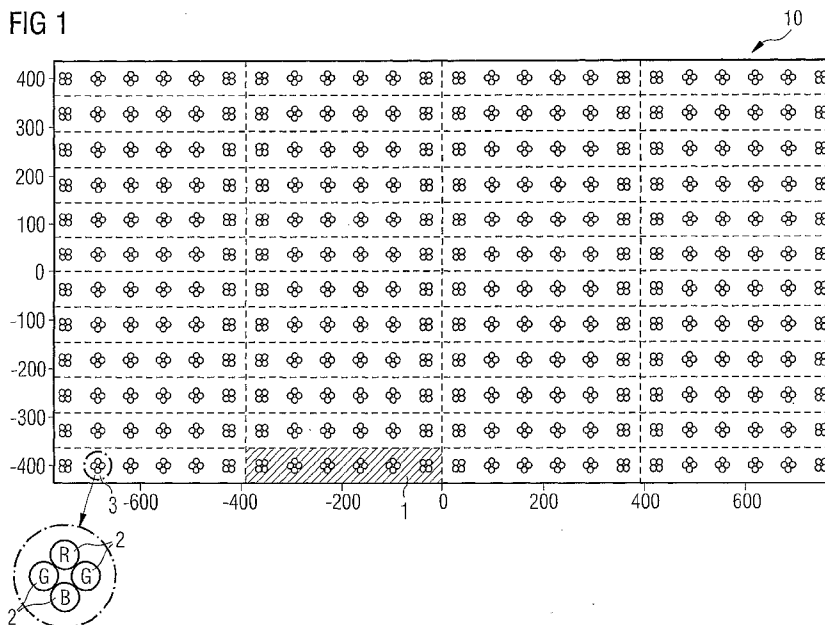
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/110142 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G02F 1/13357 (2006.01) **F21K 7/00** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2008/000394
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. März 2008 (05.03.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 011 988.9 9. März 2007 (09.03.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS**
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MUSCHAWECK, Julius** [DE/DE]; Zugspitzstrasse 66, 82131 Gauting (DE). **ZEILER, Markus** [DE/DE]; Am Kugelbaum 7, 93152 Undorf-Nittendorf (DE). **HÜTTNER, Josef** [DE/DE]; Dechbettener Strasse 26, 93049 Regensburg (DE). **MICHEL, Felix** [DE/DE]; Winnender Strasse 20, 71522 Backnang (DE).
- (74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: LED MODULE

(54) Bezeichnung: LED-MODUL



(57) Abstract: The invention relates to an LED module (10) comprising a support and a plurality of light sources (1), every light source (1) being arranged on the support in such a manner that the LED module (10) has a radiation homogeneity H_{BLU} that is smaller than the statistic mean H^* of a radiation homogeneity distribution, the radiation homogeneity distribution being based on a plurality of LED modules (10) having a random arrangement of the light sources (2). The invention also relates to a method for producing said LED module.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt ein LED-Modul (10) mit einem Träger und einer Mehrzahl von Lichtquellen (1), wobei jede Lichtquelle (1) derart auf dem Träger angeordnet ist, dass das LED-Modul (10) eine Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist, die kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* einer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/110142 A1



AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,

ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Beschreibung

LED-Modul

Die Erfindung betrifft ein LED-Modul und ein Verfahren zur Herstellung eines LED-Moduls.

LED-Module werden beispielsweise zur Hinterleuchtung von LCDs verwendet. Hierbei werden viele einzelne LEDs hinter dem Display in einer Ebene angeordnet. Eine Schwierigkeit liegt in diesem Falle darin, zu einer hinreichend homogenen Hinterleuchtung zu kommen. Diese Homogenitätsprobleme haben zwei unterschiedliche Ursachen: zum einen wäre es selbst dann schwierig, gleichzeitig dünne und homogene Hinterleuchtungseinheiten zu bauen, wenn man völlig identische LEDs zur Verfügung hätte, da es bereits besondere Anstrengungen bei der optischen Konstruktion erfordert, diese "intrinsische" Homogenität zu erreichen, zum anderen sind die LEDs nicht identisch. Man versucht möglichst gleichartige vorsortierte LEDs zu verbauen (so genanntes "binning").

Aus Gründen der Messgenauigkeit, vor allem aber aus Gründen der ansonsten "kombinatorisch explodierenden" Logistik ist es nicht möglich, die Grenzen beim binning auf LED-Ebene so eng zu setzen, dass die Unterschiedlichkeit von LEDs gleichen Typs keine Schwierigkeiten mehr macht. Besondere Probleme macht es dabei, wenn aufgrund von sequentiellen Herstellungsprozessen oder auch nur aufgrund des Zufalls LEDs mit ähnlichen Abweichungen vom Mittelwert nahe beieinander verbaut werden.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein LED-Modul mit verbesserter Strahlungshomogenität anzugeben. Diese

- 2 -

Aufgabe wird durch ein LED-Modul gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches Verfahren zur Herstellung eines LED-Moduls mit verbesserter Farbhomogenität anzugeben. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 11 gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des LED-Moduls sowie des Verfahrens zur Herstellung eines derartigen LED-Moduls sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein erfindungsgemäßes LED-Modul umfasst einen Träger und eine Mehrzahl von Lichtquellen mit jeweils einer Leuchtdiode oder einer Mehrzahl von Leuchtdioden, wobei jede Leuchtdiode einen Farbort F_i und eine Helligkeit H_i aufweist und die Lichtquellen in Abhängigkeit von den Farborten F_i und/oder den Helligkeiten H_i in einer vorgegebenen Position auf dem Träger angeordnet sind derart, dass das LED-Modul eine Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist, die kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* einer Strahlungshomogenitätsverteilung, die sich bei einer zufälligen Anordnung der Lichtquellen in dem LED-Modul ergibt. Mittels des Laufindizes i werden die LEDs durchnummeriert.

Das erfindungsgemäße LED-Modul ist insbesondere zur Hinterleuchtung oder Beleuchtung vorgesehen. Beispielsweise kann das LED-Modul in einem Flachbildschirm-Fernseher zur Hinterleuchtung verwendet werden oder als Strahlungsquelle zur Allgemeinbeleuchtung.

Vorzugsweise wird die Strahlungshomogenität H_{BLU} des LED-Moduls durch eine skalare Gütefunktion bewertet. Die Gütefunktion wird wie folgt berechnet: man nimmt eine Anzahl von Testpunkten auf einer Strahlungsausstrittsfläche und bestimmt den Farbort jedes Testpunkts im CIE-u'v'-Raum beziehungsweise CIE-L*a*b*-Raum. Dann berechnet man den mittleren Farbort des LED-Moduls und berechnet außerdem den Abstand vom mittleren Farbort für jeden Testpunkt. Die Gütefunktion ist vorzugsweise definiert als das doppelte des maximalen sich so ergebenden Abstands.

Die Strahlungsausstrittsfläche wird als eine Fläche bestimmt, die sich in einer Ebene in einem Abstand D vom Träger befindet und sich über die gesamte Ausdehnung des LED-Moduls erstreckt.

Vorzugsweise ist die Strahlungshomogenität H_{BLU} des LED-Moduls höchstens halb so groß wie der statistische Mittelwert H^* der Strahlungshomogenitätsverteilung.

Vorliegend wird zur Berechnung der Strahlungshomogenität H_{BLU} des LED-Moduls eine vorteilhafte Simulationsmethode verwendet. Hierfür wird der Helligkeitsbeitrag einer LED als parametrisierte Funktion von mehreren Variablen betrachtet.

Die Variablen sind der Ort der LED, der Ort des betrachteten Punktes der Austrittsfläche, sowie eventuell weitere Variablen, die Variationen der LED-Abstrahlcharakteristik verursachen (zum Beispiel die Chip-Positionstoleranz). Der Helligkeitsbeitrag einer LED wird dabei beispielsweise als additive Superposition von mehreren zweidimensionalen Gauß-Funktionen unterschiedlicher Stärke und Breite betrachtet; Randeffekte lassen sich zum Beispiel durch am Rand

gespiegelte weitere, gegebenenfalls elliptische Gauß-Funktionen berücksichtigen. Eine kontinuierliche Transferfunktion des Lichts von der einzelnen LED, die sich an einem bestimmten, aber frei wählbaren Ort befindet, zu einem anderen, frei wählbaren Ort auf der Austrittsfläche wird somit durch die Parameter der verwendeten Gauß-Funktionen bestimmt. Die Anpassung dieser Parameter kann entweder durch numerische Optimierung des Transferfunktionsmodells an Messungen oder raytracing-Simulationen geschehen oder "von Hand".

Die Gütefunktion ist dann definiert als der maximale sich so ergebende Abstand. Die Gütefunktion der Strahlungshomogenität H_{BLU} kann aus Simulationsergebnissen ermittelt werden.

Man kann in einem ersten Ansatz identische rote, grüne und blaue LEDs zur Simulation verwenden und damit die "intrinsische Strahlungshomogenität" des LED-Moduls bei verschiedenen LED-Abständen untersuchen. In weiterführenden Rechnungen kann man die vom Datenblatt abgelesenen Grenzen der LED-bins verwenden, um zufällige Farb- und Helligkeitswerte der einzelnen LEDs zu erzeugen und so den Einfluss der fertigungsbedingten Helligkeits- und Farbunterschiede von LEDs zu untersuchen.

Mit einer derartigen Simulationsmethode ist es beispielsweise bei einem LED-Modul mit 1000 LEDs und etwa 100×100 Testpunkten, also $100 \times 100 \times 1000 = 10^7$ Funktionsauswertungen der Transferfunktion, möglich, die Strahlungshomogenität H_{BLU} bei einer experimentell ermittelten Zeit von etwa $0.3 \mu\text{s}$ pro Funktionsauswertung auf einem handelsüblichen PC in rund 3 Sekunden zu ermitteln. Vorteilhafterweise sind die Ergebnisse ohne jedes

statistische Rauschen, enthalten aber dafür Modellierungsfehler, deren Größe von der Flexibilität des verwendeten Transferfunktionsmodells und der Genauigkeit der Parameteranpassung abhängen. Der Geschwindigkeitsvorteil liegt darin begründet, das ganze optische Verhalten einer bestimmten Konstruktion des LED-Moduls ein einziges Mal in das Transferfunktionsmodell zu stecken und mit diesem Modell dann eine Vielzahl von LED-Modul-Konfigurationen zu berechnen.

Ausgehend von den LEDs, die in einer Lichtquelle des LED-Moduls verbaut sind, kann man die verschiedenen Strahlungshomogenitätswerte H_{BLU} , die sich aus den verschiedenen Möglichkeiten der Lichtquellen-Anordnungen im Leucht-Modul ergeben, statistisch untersuchen.

Gemäß einer bevorzugten Variante des LED-Moduls weist jede Lichtquelle eine Leuchtdiode oder eine Mehrzahl von Leuchtdioden auf. Vorliegend ist unter einer Leuchtdiode vorzugsweise ein Strahlung emittierendes Bauelement mit mindestens einem Halbleiterchip zu verstehen. Es kann jedoch auch ein einzelner Strahlung emittierender Halbleiterchip gemeint sein.

Gemäß einer weiter bevorzugten Variante sind die Leuchtdioden auf eine Leiterplatte montiert.

Insbesondere weist jede Lichtquelle mindestens zwei Leuchtdioden auf, die Strahlung verschiedener Wellenlänge emittieren. Beispielsweise kann jede Lichtquelle mindestens eine rote, eine grüne und eine blaue Leuchtdiode aufweisen. Vorzugsweise werden für die Lichtquellen mehrere RGGB-Cluster verwendet, das heißt Cluster, die eine rote, zwei grüne und

eine blaue LED umfassen. Alternativ kann jede Lichtquelle mindestens eine Leuchtdiode aufweisen, die weißes Licht emittiert.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines wie oben beschriebenen LED-Moduls weist folgende Schritte auf:

- Bereitstellung einer Mehrzahl von Lichtquellen,
- Messung des Farbortes F_i und der Helligkeit H_i der einzelnen Leuchtdioden jeder Lichtquelle,
- Berechnung einer optimalen Position für jede Lichtquelle auf dem Träger in Abhängigkeit der Werte des Farbortes F_i und/oder der Helligkeit H_i derart, dass das LED-Modul eine Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist, die kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* einer Strahlungshomogenitätsverteilung, die sich bei einer zufälligen Anordnung der Lichtquellen in dem LED-Modul ergibt,
- Positionierung der Lichtquellen an den berechneten Positionen auf dem Träger.

Weitere Merkmale, Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend in Verbindung mit den Figuren 1 bis 3 erläuterten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Draufsicht eines LED-Moduls gemäß der Erfindung,

Figur 2 ein Histogramm darstellend eine Häufigkeitsverteilung W der Strahlungshomogenität H_{BLU} für ein LED-Modul mit zufälliger Anordnung der Lichtquellen,

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Lichtquellen-Anordnung in einem herkömmlichen und in einem erfindungsgemäßen LED-Modul.

Das in Figur 1 gezeigte LED-Modul 10 weist 1152 LEDs 2 auf. Die LEDs 2 ergeben 48 Lichtquellen 1 mit je 24 LEDs 2 in je 6 nebeneinander liegenden RGGB-Clustern 3. Die Lichtquellen 1 sind nach Art einer Matrix, die zwölf Zeilen und vier Spalten aufweist, auf einem Träger (nicht dargestellt) angeordnet. Die 48 Lichtquellen 1 gleicher Bauform können grundsätzlich in beliebiger Reihenfolge verbaut werden. Bei 48 Lichtquellen 1 ergeben sich $48! \approx 10^{61}$ Möglichkeiten, unvorstellbar viel mehr, als man vollständig untersuchen könnte. Aber man kann sich einen Eindruck von der Wahrscheinlichkeitsverteilung verschaffen, indem man eine gewisse Anzahl (zum Beispiel 2000) von Anordnungen zufällig erzeugt und wie oben erwähnt bewertet. Auf diese Weise kann man die Strahlungshomogenitätsverteilung ermitteln und den statistischen Mittelwert H^* der Strahlungshomogenitätsverteilung sowie deren Varianz schätzen. Die Lichtquellen 1 werden dann auf dem Träger derart angeordnet, dass die Strahlungshomogenität H_{BLU} des LED-Moduls 10 kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* .

Zur Ermittlung der Strahlungshomogenitätsverteilung wird zunächst der Farbort F_i und die Helligkeit H_i der LEDs 2 bestimmt. Aus Gründen der Fertigungskontrolle werden ohnehin der Farbort F_i und die Helligkeit H_i der einzelnen LEDs 2 von jeder fertig bestückten Lichtquelle 1 noch einmal gemessen, obwohl die LEDs 2 typischerweise vor der Bestückung nach Farbort F_i und Helligkeit H_i bereits gruppiert werden. Die Messung zum Zwecke der Ermittlung der Strahlungshomogenitätsverteilung stellt also keinen

zusätzlichen Aufwand dar. Ferner wird üblicherweise zur Fehler-Nachverfolgbarkeit jede einzelne Lichtquelle 1 markiert, etwa mit einem Strichcode-Aufkleber, so dass jede Lichtquelle 1 identifizierbar ist.

Vorliegend können die so genannten „final-clearance“-Messdaten der einzelnen Lichtquellen 1 beispielsweise zusammen mit dem Strichcode jeder Lichtquelle 2 beim Leiterplattenbestücker in einer Datenbank abgespeichert werden. Während die Lichtquellen 1 in Bausätzen für je ein LED-Modul 10 zusammengepackt und zur Endmontage transportiert werden, kann vorteilhafterweise offline die Optimierungsrechnung stattfinden, die nachfolgend näher beschrieben wird. Deren Ergebnis kann der Endmontage elektronisch übermittelt werden.

Bei der Endmontage von Hand scannt der Arbeiter den Strichcode (das muss er ohnehin tun, wegen der Nachverfolgbarkeit) und bekommt dann den vorgesehenen Platz für die Lichtquelle 1 auf einem Bildschirm angezeigt. Der Platz kann auch durch Markierung der entsprechenden Stelle auf dem Träger mit einer automatisch angesteuerten Lampe angezeigt werden. Die Endmontage kann auch automatisch, beispielsweise mittels eines Roboters, durchgeführt werden. In beiden Fällen (Handmontage oder automatisierte Montage) wird die Summe der Fahrwege durch das Optimierungsverfahren nicht erhöht.

Die auf Lichtquellenebene zur Verfügung stehenden Informationen werden für die Simulation der Strahlungshomogenitätsverteilung verwendet. Man kann mit den vorliegenden Informationen versuchen, durch numerische Optimierung eine bestmögliche Anordnung der Lichtquellen 1 zu

finden, so dass das fertige LED-Modul eine optimierte Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist.

Das Problem, die bestmögliche Anordnung zu finden, ist verwandt dem klassischen "traveling salesman"-Problem der Optimierungstheorie (in welcher Reihenfolge soll der Handlungsreisende 100 Städte besuchen, sodass seine Gesamtfahrstrecke minimal wird?). Es ist bekannt, dass dieses Problem NP-vollständig ist. Die Suche nach dem globalen Optimum der mehr als 10^{61} Möglichkeiten ist damit aussichtslos. Jedoch kann mit dem vorliegend gewählten Verfahren des "simulated annealing" eine sehr gute Lösung gefunden werden. Dieses Verfahren ist inspiriert von der Art und Weise, wie die Anordnung der Kristallite in einem Stück Stahl beim Ausglühen (engl. annealing) ein Minimum der freien Energie findet.

Ausgehend von einer Start-Anordnung wird hierbei eine zufällige Vertauschung einzelner Lichtquellen oder einzelner disjunkter rechteckiger Lichtquellenbereiche gewählt. Die Strahlungshomogenität H dieser geänderten Anordnung wird berechnet. Ergibt sich eine Verbesserung, wird die neue Anordnung auf jeden Fall genommen. Ergibt sich eine Verschlechterung um ΔH , so wird diese neue Anordnung mit einer Wahrscheinlichkeit von $\exp(-\Delta H/T)$ akzeptiert. Dabei ist T ein Parameter, genannt "Temperatur", der zu Beginn der Rechnung einen so hohen Wert haben soll, dass auch viele Verschlechterungen akzeptiert werden. Im Lauf der Rechnung wird der Parameter T dann allmählich verringert bis fast nur noch echte Verbesserungen gewählt werden.

Vorteilhafterweise wird vorliegend die ohnehin vorhandene Information über den Farbort F_i und die Helligkeit H_i der

LEDs genutzt und in eine leicht automatisierbare und nahezu ohne Zusatzaufwand umsetzbare Fertigungsvorschrift übersetzt. Hierbei werden nicht nur schlechte LED-Module vermieden, sondern die Strahlungshomogenität H wird für praktisch alle LED-Module systematisch und erheblich verbessert.

In Figur 2 wird das Ergebnis einer Berechnung gemäß der Erfindung gezeigt. Auf der Abszisse ist die Strahlungshomogenität H in JNDs (Just Noticeable Differences) aufgetragen. Die Ordinate gibt die Häufigkeit W der Strahlungshomogenität H bei einer vorgegebenen Anzahl zufälliger Anordnungen, in diesem Fall bei 2000 zufälligen Anordnungen, im jeweiligen Intervall an.

Die Histogramm-Verteilung hat im dargestellten Fall einen statistischen Mittelwert H^* von rund 4 JNDs und eine Gesamtbreite von rund 3 JNDs. Der beste Wert der 2000 zufälligen Anordnungen liegt bei rund 2.5 JNDs. Der Balken bei 1.5 JNDs zeigt den Wert der durch das Optimierungsverfahren aus insgesamt rund 2000 getesteten Anordnungen ermittelten optimalen Anordnung. Es ist kein Widerspruch, dass das gefundene Optimum weit außerhalb der Histogramm-Verteilung liegt. Dies zeigt nur, dass die tatsächliche Verteilung deutlich breiter ist als man mit nur 2000 zufälligen Versuchen sieht.

Figur 3 zeigt im Vergleich links ein herkömmliches LED-Modul 10 mit einer Strahlungshomogenität $H = 4.6$ JNDs und rechts ein erfindungsgemäßes LED-Modul 10 mit einer optimierten Strahlungshomogenität $H_{BLU} = 1.5$ JNDs. Bei dem herkömmlichen LED-Modul 10 werden rote, grüne und blaue LEDs in bins nach Helligkeit und Farbort vorsortiert und „bin-rein“ auf Leiterplatten montiert, wobei eine Lichtquelle 1 aus 24 LEDs

hergestellt wird. Die Lichtquellen 1 werden in zufälliger Anordnung auf dem Träger montiert. Das erfindungsgemäße LED-Modul 10 unterscheidet sich in der Anordnung der Lichtquellen 1 von dem herkömmlichen LED-Modul 10, wie aufgrund der Bezifferung der Lichtquellen 10 zu erkennen ist. Bei einer zufälligen Anordnung der Lichtquellen ist es sehr unwahrscheinlich, dass die optimierte Strahlungshomogenität H_{BLU} erzielt wird (vgl. Figur 2 $H = 4.6$ JNDs ist wahrscheinlicher als $H_{BLU} = 1.5$ JNDs).

Ausdrücklich sei angemerkt, dass das Verfahren ohne weiteres auf andere Bewertungsfunktionen übertragen werden kann, die neben dem Farbort und/oder der Helligkeit auch den Gradienten bewerten.

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

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102007011988.9, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Patentansprüche

1. LED-Modul (10) mit einem Träger und einer Mehrzahl von Lichtquellen (1), die jeweils eine Leuchtdiode (2) oder eine Mehrzahl von Leuchtdioden (2) umfassen, wobei jede Leuchtdiode (2) einen Farbort F_i und eine Helligkeit H_i aufweist und die Lichtquellen (1) in Abhängigkeit von den Farborten F_i und/oder den Helligkeiten H_i in einer vorgegebenen Position auf dem Träger angeordnet sind derart, dass das LED-Modul (10) eine Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist, die kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* einer Strahlungshomogenitätsverteilung, die sich bei einer zufälligen Anordnung der Lichtquellen (1) in dem LED-Modul (10) ergibt.
2. LED-Modul (10) nach Anspruch 1, wobei die Strahlungshomogenität H_{BLU} des LED-Moduls (10) höchstens halb so groß ist wie der statistische Mittelwert H^* der Strahlungshomogenitätsverteilung.
3. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Leuchtdioden (2) auf eine Leiterplatte montiert sind.
4. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Lichtquelle (1) mindestens zwei Leuchtdioden (2) aufweist, die Strahlung verschiedener Wellenlänge emittieren.
5. LED-Modul (10) nach Anspruch 4, wobei jede Lichtquelle (1) mindestens eine rote, eine grüne und eine blaue Leuchtdiode (2) aufweist.

6. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

jede Lichtquelle (1) mindestens eine Leuchtdiode (2) aufweist, die weißes Licht emittiert.

7. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

jede Lichtquelle (1) vierundzwanzig Leuchtdioden (2) aufweist.

8. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

die Lichtquellen (1) nach Art einer Matrix auf dem Träger angeordnet sind.

9. LED-Modul (10) nach Anspruch 8, wobei

die Matrix zwölf Zeilen und vier Spalten aufweist.

10. LED-Modul (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das zur Hinterleuchtung oder Beleuchtung vorgesehen ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines LED-Moduls (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 mit folgenden Schritten:

- Bereitstellung einer Mehrzahl von Lichtquellen (1),
- Messung des Farbortes F_i und der Helligkeit H_i der einzelnen Leuchtdioden (2) jeder Lichtquelle (1),
- Berechnung einer optimalen Position für jede Lichtquelle (1) auf dem Träger in Abhängigkeit der Werte des Farbortes F_i und/oder der Helligkeit H_i derart, dass das LED-Modul (10) eine Strahlungshomogenität H_{BLU} aufweist, die kleiner ist als der statistische Mittelwert H^* einer Strahlungshomogenitätsverteilung, die sich bei einer

zufälligen Anordnung der Lichtquellen (1) in dem LED-Modul (10) ergibt,

- Positionierung der Lichtquellen (1) an den berechneten Positionen auf dem Träger.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Berechnung der optimalen Position mittels „simulated annealing“ erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, wobei mehrere Leiterplatten mit jeweils einer Mehrzahl von Leuchtdioden (2) zur Herstellung der Lichtquellen (1) bestückt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Leuchtdioden (2) vor der Bestückung nach Farbort F_i und Helligkeit H_i gruppiert werden.

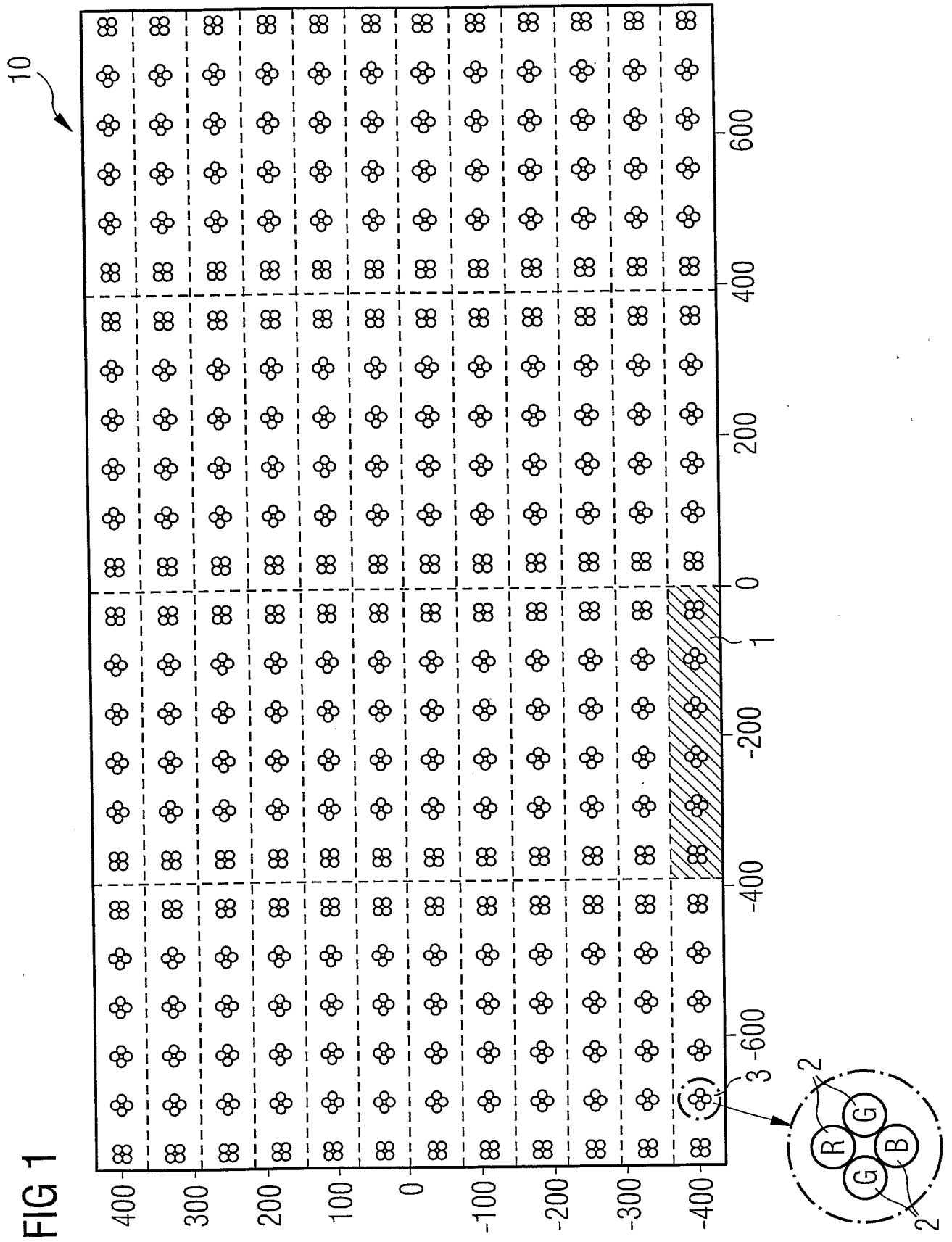


FIG 2

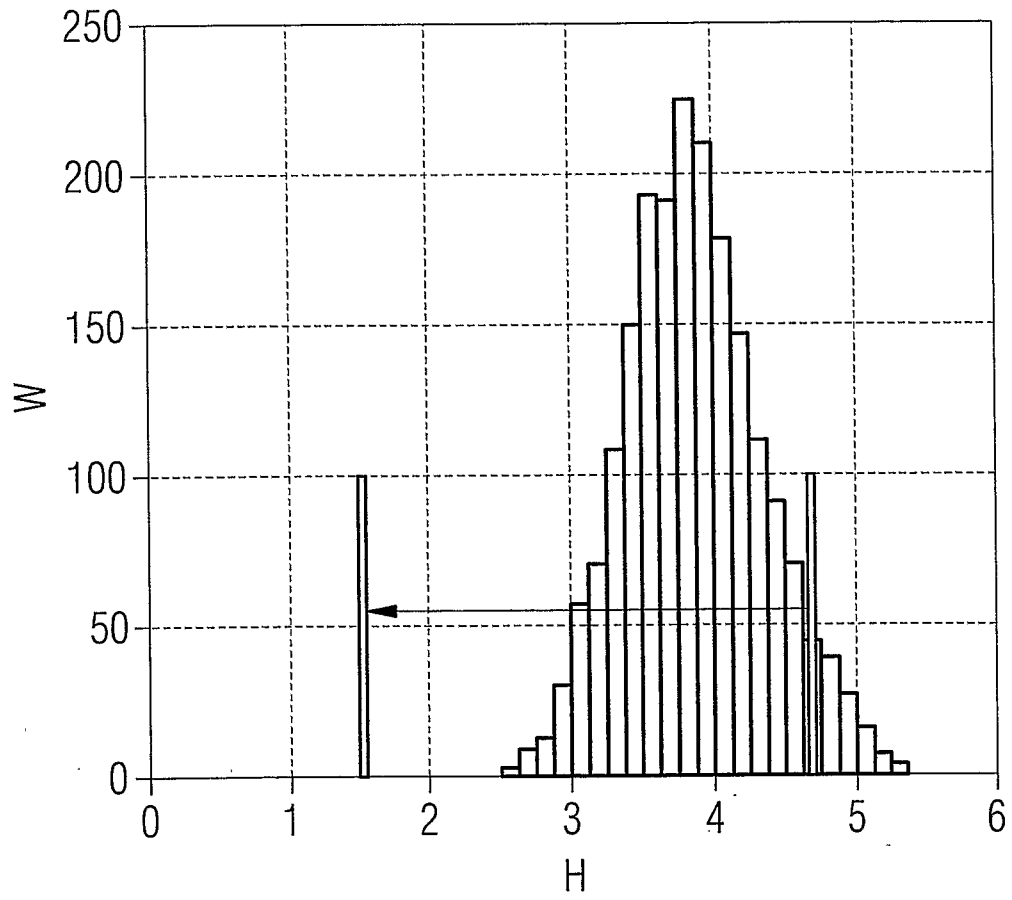
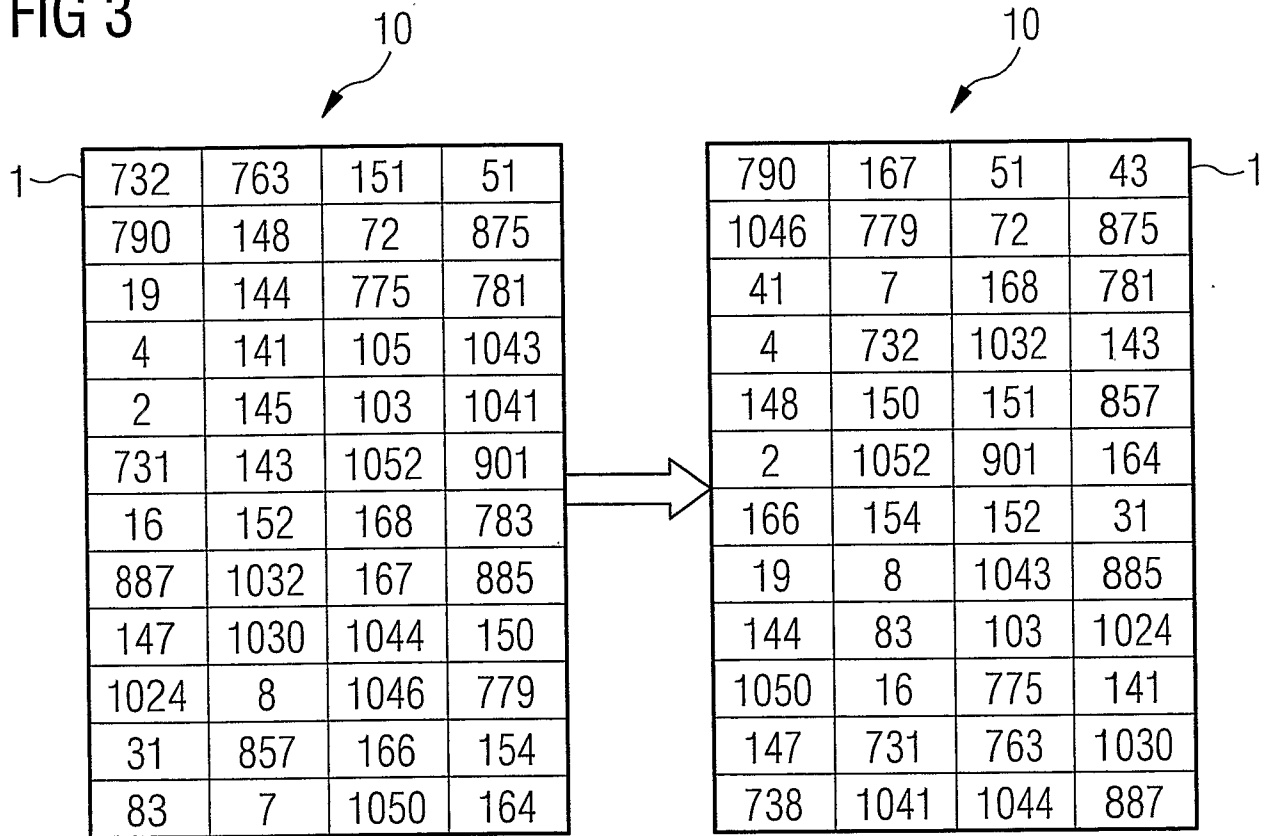


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2008/000394

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G02F1/13357 F21K7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02F F21K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001 222242 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 17 August 2001 (2001-08-17)	1, 11
Y	abstract	3-10, 13, 14
X	US 2004/227869 A1 (MARTYNOV YOURI [NL] ET AL) 18 November 2004 (2004-11-18)	1, 11
Y	paragraphs [0026] - [0029], [0061] - [0069]	3-10, 13, 14
A	US 2007/019129 A1 (NEGLEY GERALD H [US]) 25 January 2007 (2007-01-25)	1, 3-6, 8, 10, 11
A	paragraphs [0008] - [0012], [0027]	
A	US 6 623 142 B1 (LIPPMANN RAY [US] ET AL) 23 September 2003 (2003-09-23)	1-3, 11
	column 1, line 14 - column 2, line 9	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 August 2008

Date of mailing of the international search report

22/08/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stang, Ingo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2008/000394

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2001222242 A	17-08-2001	NONE	
US 2004227869 A1	18-11-2004	DE 602004005768 T2 JP 2004342608 A	15-05-2008 02-12-2004
US 2007019129 A1	25-01-2007	DE 112006001923 T5 US 2008018830 A1 WO 2007018917 A1	21-05-2008 24-01-2008 15-02-2007
US 6623142 B1	23-09-2003	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2008/000394

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G02F1/13357 F21K7/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G02F F21K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2001 222242 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 17. August 2001 (2001-08-17)	1, 11
Y	Zusammenfassung	3-10, 13, 14
X	US 2004/227869 A1 (MARTYNOV YOURI [NL] ET AL) 18. November 2004 (2004-11-18)	1, 11
Y	Absätze [0026] - [0029], [0061] - [0069]	3-10, 13, 14
A	US 2007/019129 A1 (NEGLEY GERALD H [US]) 25. Januar 2007 (2007-01-25)	1, 3-6, 8, 10, 11
	Absätze [0008] - [0012], [0027]	
A	US 6 623 142 B1 (LIPPMANN RAY [US] ET AL) 23. September 2003 (2003-09-23)	1-3, 11
	Spalte 1, Zeile 14 - Spalte 2, Zeile 9	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
8. August 2008	22/08/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Stang, Ingo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2008/000394

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2001222242 A	17-08-2001	KEINE	
US 2004227869 A1	18-11-2004	DE 602004005768 T2 JP 2004342608 A	15-05-2008 02-12-2004
US 2007019129 A1	25-01-2007	DE 112006001923 T5 US 2008018830 A1 WO 2007018917 A1	21-05-2008 24-01-2008 15-02-2007
US 6623142 B1	23-09-2003	KEINE	