



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 699 18 143 T2 2005.07.07

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 115 999 B1

(51) Int Cl.⁷: F21V 8/00

(21) Deutsches Aktenzeichen: 699 18 143.7

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/US99/22174

(96) Europäisches Aktenzeichen: 99 949 842.1

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 00/19145

(86) PCT-Anmeldetag: 23.09.1999

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 06.04.2000

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 18.07.2001

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 16.06.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 07.07.2005

(30) Unionspriorität:

160941 25.09.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(73) Patentinhaber:

AlliedSignal Inc., Morristown, N.J., US

(72) Erfinder:

BEESON, W., Karl, Princeton, US; ZOU, Hans,
Windsor, US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: BELEUCHTUNGS SYSTEM MIT PRISMATISCHE LINEARE ANORDNUNG

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Beleuchtungssysteme und insbesondere ein Beleuchtungssystem mit einer Anordnung linearer Prismen, die auf einer Seite eines massiven Wellenleiters angeordnet sind und denen gegenüber Licht aus dem Wellenleiter austritt, zum Steuern der Lichtausgabeverteilung des Beleuchtungssystems.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Für den privaten Bereich und in Büros ist es zweckmäßig, den Winkel der Lichtausgabeverteilung von Beleuchtungssystemen so zu steuern, dass keine Bereiche mit steil einfallendem Licht überflutet werden und dass keine Lichtkonzentrationspunkte entstehen, wenn der Blick auf das Beleuchtungssystem gerichtet ist. Das Steuern des Winkels der Lichtausgabeverteilung erfolgte bisher durch Vor-Begrenzen oder Vor-Kollimieren der Lichtzufuhr zum Beleuchtungssystem (siehe beispielsweise US-Patentschriften Nr. 5,359,691 und 5,390,276 an Tai und Mitarbeiter). Solche Beleuchtungssysteme erfordern zusätzliche Vorrichtungen und Konstruktionen, um das Kollimieren von zugeführtem Licht sicherzustellen. Des Weiteren betreffen die in diesen Patenten offenbarten Beleuchtungssysteme die Hinterleuchtung von Flüssigkristallanzeigen (LCDs), die eine stark kollimierte Lichtausgabe erfordern, beispielsweise Ausgabewinkel von maximal $\pm 20^\circ$, wobei die Ausgabewinkel von einer Richtung her gemessen werden, die senkrecht zur Ebene der Ausgabeoberfläche des Wellenleiters verläuft.

[0003] Es ist somit wünschenswert, ein Beleuchtungssystem bereitzustellen, das zugeführtes Licht unbeschränkt verarbeiten kann (d. h. nicht-kollimiertes Licht oder 180° -Licht) und das Lichtausgabeverteilung und -intensität steuern kann. Solche Beleuchtungssysteme müssen preiswert in der Herstellung, langlebig und zuverlässig sein.

[0004] Aus US-A-5390276 ist eine Hinterleuchtung für eine Flüssigkristallanzeige oder allgemeiner ein Beleuchtungssystem nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt.

[0005] Die vorliegende Erfindung ist des Weiteren dadurch gekennzeichnet, dass der eingeschlossene Winkel einen Lichtausgabegrenzwinkel von größer als etwa $\pm 25^\circ$ zum Steuern der Lichtausgabe des Beleuchtungssystems definiert.

[0006] Die Erfindung ermöglicht vorteilhafterweise eine Lichtausgabeverteilung, die sich bestens für den privaten Bereich und für Büroumgebungen eignet. Das Beleuchtungssystem umfasst allgemein einen massiven Wellenleiter und eine Lichtlenkstruktur auf einer Seite, die der Lichtausgabeseite des Wellenleiters gegenüber liegt, zum Steuern der Lichtausgabeverteilung des Beleuchtungssystems. Die Lichtlenkstruktur kann mit dem Wellenleiter einstückig ausgebildet sein, oder sie kann über eine Grenzschicht am Wellenleiter befestigt sein, die einen etwa 100%-igen Kontakt zwischen dem Wellenleiter und der Lichtlenkstruktur herstellt. Die Lichtlenkstruktur enthält ein Array aus Lichtlenkmerkmalen, die als allgemein linsenartige Prismen konfiguriert sind, welche sich in einer Richtung erstrecken, die im wesentlichen senkrecht (d. h. nicht parallel) zu der Durchschnittsrichtung verläuft, in der Lichtstrahlen eintreten und sich durch den Wellenleiter ausbreiten. Jedes Lichtlenkmerkmal definiert einen eingeschlossenen Winkel, der die Lichtausgabeverteilung von dem Beleuchtungssystem in einer ersten Richtung steuert. Die Grenzschicht, sofern vorhanden, steuert die Lichtausgabeverteilung von dem Beleuchtungssystem in einer zweiten Richtung, die bezüglich der ersten Richtung allgemein orthogonal verläuft.

[0007] Das Beleuchtungssystem kann des Weiteren eine Grenzschicht zum Koppeln der Lichtlenkstruktur mit etwa 100% Kontakt zu dem massiven Wellenleiter und mit einem zweiten Brechungsindex, der kleiner ist als der erste Brechungsindex des massiven Wellenleiters, enthalten. Die Grenzschicht steuert die Lichtausgabeverteilung von dem Beleuchtungssystem in einer zweiten Richtung, die bezüglich der ersten Richtung allgemein orthogonal verläuft.

[0008] Die vorliegende Erfindung stellt vorteilhafterweise ein Beleuchtungssystem mit einer steuerbaren Lichtausgabeverteilung und einer idealen Lichtausgabeintensität bereit, das sich besonders gut für den privaten Bereich und für Büroumgebungen eignet.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0009] Die Erfindung wird besser verstanden, und weitere Vorteile werden offenbar, wenn die folgende detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung und die begleitenden Zeichnungen, in denen gleiche Bezugszeichen ähnliche Elemente in den verschiedenen Ansichten bezeichnen, zu Hilfe genommen werden. Es zeigen:

[0010] [Fig. 1](#) ist eine Seitenansicht einer ersten Ausführungsform eines Beleuchtungssystems, das einen massiven Wellenleiter und eine Lichtlenkstruktur, die mit dem massiven Wellenleiter einstückig ausgebildet ist und gegenüber der Lichtausgabeseite des Wellenleiters angeordnet ist, aufweist und das gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist.

[0011] [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht einer zweiten Ausführungsform eines Beleuchtungssystems, das einen massiven Wellenleiter und eine Lichtlenkstruktur, die gegenüber der Lichtausgabeseite des Wellenleiters angeordnet ist und mittels einer Grenzschicht an den Wellenleiter gekoppelt ist, aufweist und das gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist.

[0012] [Fig. 3a](#)–[Fig. 3d](#) sind Seitenansichten verschiedener Ausführungsformen eines Lichtlenkmerkmals gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0013] [Fig. 4a](#)–[Fig. 4b](#) sind grafische Darstellungen der Lichtausgabe von einem Beleuchtungssystem, das gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist.

[0014] [Fig. 5](#) ist eine grafische Darstellung der Beziehung zwischen dem Brechungsindex der Grenzschicht und dem Grenzwinkel der Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0015] Die vorliegende Erfindung stellt ein Beleuchtungssystem bereit, das eine steuerbare Lichtausgabeverteilung und -intensität von einer unbeschränkten Lichtzufuhrquelle (d. h. nicht-kollimiertes Licht oder 180°-Licht) aufweist und das sich besonders gut für den privaten Bereich und für Büroumgebungen eignet. Das Beleuchtungssystem enthält allgemein einen massiven Wellenleiter und ein Array aus Lichtlenkmerkmalen zum Steuern der Lichtausgabe, von dem Beleuchtungssystem in einer einzelnen oder ersten Richtung. Es kann eine Grenzschicht vorgesehen sein, um den Wellenleiter optisch und physisch mit den Lichtlenkmerkmalen zu verbinden und um die Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem in einer zweiten Richtung zu steuern, die bezüglich der ersten Richtung allgemein orthogonal verläuft.

[0016] In [Fig. 1](#) ist eine erste Ausführungsform eines Beleuchtungssystems **10** gezeigt, das eine steuerbare Lichtausgabeverteilung von einer unbeschränkten Lichtzufuhrquelle ermöglicht. Für Beleuchtungszwecke im privaten Bereich und im Büro ist es wünschenswert, eine solche Grenze für die Lichtausgabe vom Beleuchtungssystem **10** zu haben, dass gar kein oder nur wenig Licht von dem Beleuchtungssystem in Winkeln abstrahlt, die größer sind als ein vorbestimmter Grenzwinkel **C**. Vorzugsweise ist der Grenzwinkel größer als etwa $\pm 25^\circ$ und kleiner als etwa $\pm 90^\circ$. Ein Grenzwinkel verhindert, dass das Beleuchtungssystem eine Fläche mit steil einfallendem Licht überflutet. Es ist ebenso wünschenswert, eine Lichtausgabe bereitzustellen, die eine allgemein gleichmäßige Intensität – ohne Lichtkonzentrationspunkte – aufweist und die sich verringert oder neigt, wenn der Blick gerade auf das Beleuchtungssystem fällt, d. h. bei einem Betrachtungswinkel von etwa 0° . Eine solche Ausgabeverteilung wird als "Fledermausflügel"-Muster bezeichnet und wird durch die vorliegende Erfindung bereitgestellt.

[0017] Die Verteilung der Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem **10** definiert einen Betrachtungswinkelbereich, der durch den Grenzwinkel **C** begrenzt ist, über den hinaus nur wenig oder gar kein Licht als von dort abgestrahlt wahrgenommen wird. Die folgende detaillierte Beschreibung betrifft – als nichteinschränkendes Beispiel – ein Beleuchtungssystem **10** mit einem Grenzwinkel von etwa $\pm 60^\circ$. Der Fachmann erkennt, dass dieser Grenzwinkelbereich nur ein veranschaulichendes und nicht-einschränkendes Beispiel der vorliegenden Erfindung ist und dass für die vorliegende Erfindung auch größere oder kleinere Grenzwinkel (d. h. Betrachtungswinkelbereiche) in Frage kommen, beispielsweise im Bereich von etwa $\pm 25^\circ$ bis etwa $\pm 90^\circ$.

[0018] Das Beleuchtungssystem **10** enthält allgemein einen massiven Wellenleiter **30**, der optisch an eine Lichtquelle **20** gekoppelt ist, die sich längs entlang einer Lichteingangsseite **26** des Wellenleiters **30** erstreckt. Lichtstrahlen **22** von der Lichtquelle **20** breiten sich innerhalb des Wellenleiters **30** und durch den Wellenleiter

30 aus und treten von dort durch eine Lichtausgabeseite **34** aus, die eine im wesentlichen planare Lichtausgabefläche **32** aufweist. Um die Lichtquelle **20** herum ist ein Reflektor **24** angeordnet, um die Lichtstrahlen in den Wellenleiter **30** zu lenken. Der Wellenleiter **30** besteht aus einem durchsichtigen Kunststoff und weist einen ersten Brechungsindex n_1 auf, der vorzugsweise größer als 1 ist. In einer bevorzugten Ausführungsform besteht der Wellenleiter **30** aus Acryl oder Polycarbonat und hat einen ersten Brechungsindex n_1 von etwa 1,49 bzw. 1,59. Obgleich das bevorzugte Material für den Wellenleiter **30** Acryl ist, kommen für die vorliegende Erfindung auch andere durchsichtige Kunststoffmaterialien in Frage, einschließlich beispielsweise durchsichtiges Polystyren, Silikon, Polyester und Nylon.

[0019] Die vorliegende Erfindung steuert das Austreten von Lichtstrahlen **22** von dem Wellenleiter **30** in einer ersten oder einzigen Richtung im Fall der Ausführungsform von [Fig. 1](#) und in zwei Richtungen (d. h. eine erste und eine zweite Richtung) im Fall der Ausführungsform von [Fig. 2](#). Im erfindungsgemäßen Sinne meint Steuerung der Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem **10** in der ersten Richtung eine Richtung, die allgemein senkrecht zur Längsrichtung des Lichtlenkmerkmalsarrays **42** verläuft. Steuerung der Lichtausgabe in zwei Richtungen meint eine erste Richtung, die allgemein senkrecht zur Längsrichtung des Lichtlenkmerkmalsarrays **42** verläuft, und eine zweite Richtung, die bezüglich der ersten Richtung allgemein orthogonal verläuft.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Lichtausgabeverteilung eine allgemein "Fledermausflügel"-artige Form auf (siehe beispielsweise [Fig. 4a](#)) und ist innerhalb des definierten Ausgabe-Betrachtungswinkelbereichs im wesentlichen von gleichmäßiger Intensität. Wenn sich der Betrachtungswinkel von 0° aus in die eine oder die andere Richtung (d. h. positiv oder negativ) verschiebt, bleibt die Intensität der Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem **10** im wesentlichen konstant, wenn der Blick entlang einer Ebene gerichtet ist, die allgemein senkrecht zur Lichteingangsseite **26** des Wellenleiters **30** verläuft, und nimmt allmählich in dem Maße ab, wie der Blickwinkel entlang dieser Ebene sich dem Grenzwinkel C nähert. Dies ist grafisch in [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#) veranschaulicht, wo der Grenzwinkel ungefähr $\pm 60^\circ$ misst. Durch Verändern des eingeschlossenen Winkels der Prismen **48** des Lichtlenkmerkmalsarrays **42** und/oder durch Verändern der Grenzschicht **60** (im Fall der Ausführungsform von [Fig. 2](#)) kann die Lichtausgabeverteilung des Beleuchtungssystems **10** der vorliegenden Erfindung in der ersten und in der zweiten Richtung gesteuert werden. Die vorliegende Erfindung stellt außerdem vorteilhaftweise eine Lichtausgabe bereit, die ein wenig gedämpft ist, wenn der Betrachtungswinkel etwa 0° misst (siehe beispielsweise [Fig. 4a](#) und [Fig. 4b](#)). Dies mindert die schädlichen Auswirkungen auf die Augen des Betrachters, wenn er direkt in das Beleuchtungssystem **10** blickt.

[0021] Ein Lichtlenkmerkmalsarray **42** ist auf einer Lichtlenkstruktur **40**, die sich gegenüber der Lichtausgabeseite **34** befindet, definiert und enthält mehrere allgemein linsenartige Prismen **48**, die sich längs entlang des Wellenleiters **30** in einer Richtung erstrecken, die allgemein nicht parallel (d. h. senkrecht) zu der Richtung verläuft, in der Lichtstrahlen **22** eintreten und sich durch den Wellenleiter **30** ausbreiten. Jedes Prisma **48** enthält eine erste und zweite Lichtlenkoberfläche **44**, **46**, die zueinander so angeordnet sind, dass sie zwischen sich einen eingeschlossenen Winkel w definieren, der die Verteilung der Lichtausgabe vom Beleuchtungssystem **10** in der ersten Richtung steuert (d. h. in einer einzelnen Richtung, die allgemein senkrecht zur Längsrichtung des Prismas **48** verläuft). Der eingeschlossene Winkel w steuert das Austreten von Lichtstrahlen **22** vom Beleuchtungssystem **10** in der ersten Richtung (d. h. in der in [Fig. 4a](#) gezeigten $\pm x$ -Richtung) dergestalt, dass nur Lichtstrahlen **22** mit einem Austrittswinkel von maximal der Größe des gewünschten Grenzwinkels C aus dem Beleuchtungssystem **10** austreten. In der bevorzugten Ausführungsform misst der gewünschte Grenzwinkel C etwa $\pm 60^\circ$. Der eingeschlossene Winkel w wird bestimmt durch den Brechungsindex n_1 (dem ersten Brechungsindex) des Wellenleiters **30** (der sich nach dem Material richtet, aus dem der Wellenleiter **30** besteht), dem Verteilungswinkel der Lichtzufuhr zum Wellenleiter **30** (die bei der vorliegenden Erfindung nicht gesteuert zu werden braucht) und dem gewünschten Verteilungswinkel der Lichtausgabe vom Beleuchtungssystem **10**, d. h. dem gewünschten Grenzwinkel C . Bei einem Wellenleiter **30** aus Acryl mit einem Brechungsindex n_1 von etwa 1,49 und bei einem Lichtzufuhrverteilungswinkel von vollen 180° und einem gewünschten Grenzwinkel zwischen ungefähr $\pm 60^\circ$ liegt der eingeschlossene Winkel w je nach dem spezifizierten Grenzwinkel im Bereich zwischen etwa 120° und 140° . Der Fachmann erkennt, dass andere eingeschlossene Winkel es Lichtstrahlen mit größeren oder kleineren Austrittswinkeln gestatten, aus dem Beleuchtungssystem **10** auszutreten. Folglich ist die vorliegende Erfindung nicht auf den offenen gewünschten Grenzwinkelbereich von $\pm 60^\circ$ beschränkt, sondern es fallen vielmehr auch Grenzwinkelbereiche zwischen $\pm 25^\circ$ und $\pm 90^\circ$ darunter. Des Weiteren kann die Lichtausgabe vom Beleuchtungssystem **10** der vorliegenden Erfindung symmetrisch (beispielsweise $\pm 60^\circ$), asymmetrisch (beispielsweise $+30^\circ$, -75°) oder auch anders sein.

[0022] Der eingeschlossene Winkel w für Prismen **48** mit im wesentlichen geraden Seiten (siehe beispielsweise [Fig. 3a](#)) und für einen allgemein symmetrischen Grenzwinkel (d. h. $\pm 60^\circ$) wird anhand der folgenden Gleichungen bestimmt:

$$90 + \arcsin(1/n1) - \arcsin(\sin C/n1) < w < \arcsin(\sin C/n1) + 90 \quad (1)$$

wobei: w = der eingeschlossene Winkel, $n1$ = der Brechungsindex des massiven Wellenleiters **30** und C = der gewünschte Grenzwinkel der Lichtausgabe vom Beleuchtungssystem **10**. Der eingeschlossene Winkel bewegt sich bevorzugt im Bereich zwischen etwa 120° und 140° und beträgt ganz besonders bevorzugt etwa 125° . Der eingeschlossene Winkel richtet sich teilweise nach dem Brechungsindex $n1$ des Materials, aus dem der massive Wellenleiter **30** besteht. Im Fall der Ausführungsform von [Fig. 1](#) besteht die Lichtlenkstruktur **40** aus dem gleichen Material wie der Wellenleiter **30** und weist den gleichen Brechungsindex auf.

[0023] Das Lichtlenkmerkmalsarray **42** definiert auf der Lichtlenkstruktur **40** einen Bereich, der maximal so groß ist wie die Gesamtfläche der Lichtlenkstruktur **40**. Der durch das Lichtlenkmerkmalsarray **42** definierte Bereich misst vorzugsweise zwischen etwa 5% und 100% der Gesamtfläche der Lichtlenkstruktur **40**.

[0024] Auf einer Außenfläche des Lichtlenkmerkmalsarrays **42** befindet sich eine reflektierende Beschichtung **52**, um die Reflexion von Lichtstrahlen **22** innerhalb des Wellenleiters **30** in Richtung der Lichtausgabeseite **34** zu unterstützen. Alternativ kann auch ein Reflektor **50** nahe der Lichtlenkstruktur **40** angeordnet sein, wie in [Fig. 2](#) gezeigt.

[0025] Die Anzahl der in dem Beleuchtungssystem **10** der vorliegenden Erfindung angeordneten Lichtquellen **20** richtet sich teilweise nach der Form des Wellenleiters **30** und nach den Lichtausgabeanforderungen des Beleuchtungssystems **10**. Des Weiteren kann die Lichtquelle **20** punktförmig (Glühlampen) oder linear (Leuchstoffröhren) sein und können außerdem – als nichteinschränkendes Beispiel – ein Array aus Glühlampen, Leuchtdioden, Lasern und Halogenlichtquellen umfassen, die in jeder beliebigen Konfiguration angeordnet sein können. Die Lichtquelle **20** ist vorzugsweise an einem Rand des Wellenleiters dergestalt angeordnet, dass Lichtstrahlen **22** in den Wellenleiter **30** in einem Winkel eintreten, der allgemein senkrecht zu dem Winkel verläuft, in dem die Lichtstrahlen **22** aus dem Beleuchtungssystem **10** austreten. Beispielsweise treten Lichtstrahlen **22** in den Wellenleiter **30** allgemein entlang der x-Achse ein und treten aus dem Beleuchtungssystem **10** allgemein entlang der z-Achse aus, wie in [Fig. 1](#) gezeigt.

[0026] Eine alternative Ausführungsform des Beleuchtungssystems **10** der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 2](#) gezeigt. Das Beleuchtungssystem **10** enthält einen massiven, allgemein rechteckigen Wellenleiter **30** und eine Lichtlenkstruktur **40**, die über eine Grenzschicht **60** physisch und optisch mit dem Wellenleiter **30** verbunden ist. Bei der Grenzschicht **60** kann es sich um einen beliebigen handelsüblichen Klebstoff, der Fluoropolymere und Acrylpolymeren enthält, oder um sonstige Materialien auf Silikon- oder Acrylbasis handeln. Die Grenzschicht **60** schafft etwa 100% physischen und optischen Kontakt zwischen dem Wellenleiter **30** und der Lichtlenkstruktur **40**. Die Lichtlenkstruktur **40** weist einen dritten Brechungsindex $n3$ auf, der sich nach dem Material richtet, aus dem die Lichtlenkstruktur **40** besteht. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der dritte Brechungsindex $n3$ größer als 1.

[0027] Der Verteilungswinkel der Lichtausgabe von dem Beleuchtungssystem **10** wird überdies in der zweiten Richtung durch den Brechungsindex $n2$ der Grenzschicht **60** (sofern vorhanden) gesteuert. Die Beziehung zwischen dem Brechungsindex $n2$ der Grenzschicht **60** und dem Grenzwinkel C wird durch folgende Gleichung definiert:

$$n2 \leq (n1^2 - (\cos(C))^2)^{1/2} \quad (2)$$

wobei: $n2$ = der Brechungsindex der Grenzschicht **60**, $n1$ = der Brechungsindex des Wellenleiters **30** und C = der gewünschte Grenzwinkel. Die Beziehung ist grafisch in [Fig. 5](#) gezeigt. Wenn eine Grenzschicht zur Steuerung des Ausgabegrenzwinkels in der zweiten Richtung verwendet wird, so wird die Berechnung des eingeschlossenen Winkels zum Steuern des Ausgabegrenzwinkels in der ersten Richtung durch folgende Gleichung bestimmt:

$$180 - \alpha \sin\left(\frac{\sqrt{n1^2 - 1}}{n3}\right) - \alpha \sin(\sin C/n3) < w < \alpha \sin(\sin C/n3) + 180 - \alpha \sin(n2/n3) \quad (3)$$

wobei $n3$ = der Brechungsindex der Lichtlenkstruktur **40**. Durch Variieren des eingeschlossenen Winkels w der Prismen **48** und durch Auswählen einer Grenzschicht **60** mit einem spezifischen Brechungsindex $n2$ kann der Grenzwinkel C in allen Richtungen selektiv bestimmt und die Lichtausgabeverteilung von dem Beleuchtungssystem **10** der vorliegenden Erfindung selektiv gesteuert werden.

[0028] In [Fig. 3a](#)–[Fig. 3d](#) sind verschiedene Ausführungsformen der Prismen **48** dargestellt, und zwar eine dreieckige Form, eine mehrfacettige Form, eine konvex gekrümmte Form und eine konkav gekrümmte Form. Jede Ausführungsform der Prismen **48** enthält eine erste und zweite Lichtlenkoberfläche **44**, **46**, die zueinander so angeordnet sind, dass sie zwischen sich einen eingeschlossenen Winkel w definieren. Die Prismen **48** können in enger, einander berührender Beziehung angeordnet sein, wie in [Fig. 3a](#)–[Fig. 3d](#) gezeigt, oder es können gleichmäßige oder nach dem Zufallsprinzip verteilte Lücken oder Spalte zwischen den Prismen **48** angeordnet sein.

[0029] Nachdem die Erfindung nun praktisch in allen Details beschrieben wurde, wird man erkennen, dass diese Details nicht streng befolgt werden müssen, sondern dass dem Fachmann verschiedene Änderungen und Modifikationen einfallen, die allesamt in den Geltungsbereich der Erfindung fallen, wie er durch die angehängten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Beleuchtungssystem (**10**) zum Verteilen von Lichtstrahlen von einer Lichtquelle (**20**), wobei das Beleuchtungssystem einen massiven Wellenleiter (**30**) zum Ausbreiten von Lichtstrahlen von der Lichtquelle aufweist, wobei der massive Wellenleiter einen ersten Brechungsindex über 1 aufweist, wobei der massive Wellenleiter eine Lichtausgabeseite (**34**), durch die Lichtstrahlen austreten, und eine Lichtlenkstruktur (**40**), die Licht von der Lichtquelle zu der Lichtausgabeseite (**34**) lenkt und auf eine Seite des Wellenleiters gegenüber der Lichtausgabeseite angeordnet ist, aufweist, wobei auf der Lichtlenkstruktur ein Lichtlenkmerkmalsarray (**42**) definiert ist, und mit mehreren allgemein linsenartigen Prismen (**48**), die im wesentlichen nicht parallel zu der Durchschnittsrichtung orientiert sind, in der Lichtstrahlen eintreten und sich durch den massiven Wellenleiter (**30**) ausbreiten, wobei jedes der Prismen (**48**) eine erste und zweite Lichtlenkoberfläche aufweist, die zueinander so angeordnet sind, daß sie zwischen sich einen eingeschlossenen Winkel definieren, **dadurch gekennzeichnet**, daß der eingeschlossene Winkel einen Ausgabegrenzwinkel über etwa $\pm 25^\circ$ zum Steuern der Lichtausgabe aus dem Beleuchtungssystem definiert.

2. Beleuchtungssystem (**10**) nach Anspruch 1, wobei die Lichtlenkstruktur (**40**) einstückig mit dem Wellenleiter (**30**) ausgebildet ist.

3. Beleuchtungssystem (**10**) nach Anspruch 2, wobei der eingeschlossene Winkel allgemein durch die folgende Gleichung bestimmt wird:

$$90 + \arcsin(1/n_1) - \arcsin(\sin C/n_1) < w < \arcsin(\sin C/n_1) + 90$$

wobei w der eingeschlossene Winkel, n_1 der erste Brechungsindex und C der Grenzwinkel der Lichtausgabe aus dem Beleuchtungssystem ist.

4. Beleuchtungssystem (**10**) nach Anspruch 1, wobei die Lichtlenkstruktur (**40**) einen dritten Brechungsindex aufweist, und weiterhin umfassend:

eine Grenzschicht (**60**) zum Koppeln der Lichtlenkstruktur mit etwa 100 Kontakt zu dem massiven Wellenleiter (**30**) und mit einem zweiten Brechungsindex, der kleiner ist als der erste Brechungsindex des massiven Wellenleiters, wobei die Grenzschicht, die Lichtausgabeverteilung von dem Beleuchtungssystem in einer zweiten Richtung steuert, das bezüglich der ersten Richtung allgemein orthogonal verläuft.

5. Beleuchtungssystem (**10**) nach Anspruch 4, wobei der zweite Brechungsindex mindestens teilweise einen Grenzwinkel für die Lichtausgabe aus dem Beleuchtungssystem bestimmt, wobei der zweite Brechungsindex bestimmt wird durch die Gleichung:

$$n_2 \leq (n_1^2 - (\cos(C))^2)^{1/2}$$

wobei n_2 der zweite Brechungsindex, n_1 der erste Brechungsindex und C der Grenzwinkel der Lichtausgabe aus dem Beleuchtungssystem ist.

6. Beleuchtungssystem (**10**) nach Anspruch 4, wobei der eingeschlossene Winkel bestimmt wird durch die Gleichungen:

$$180 - \alpha \sin\left(\frac{\sqrt{n_1^2 - 1}}{n_3}\right) - \alpha \sin(\sin C/n_3)(w(\alpha \sin(\sin C/n_3) + 180 - \alpha \sin(n_2/n_3)$$

wobei w der eingeschlossene Winkel, n1 der erste Brechungsindex und C der Grenzwinkel der Lichtausgabe aus dem Beleuchtungssystem, n2 der zweite Brechungsindex und n3 der dritte Brechungsindex ist.

7. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 2 oder 6, wobei der eingeschlossene Winkel zwischen etwa 120° und 140° beträgt.
8. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 7, wobei der Grenzwinkel etwa gleich ±60° ist.
9. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 4, wobei die Grenzschicht (60) fluorpolymerbasiert, siliziumbasiert oder acrylbasiert ist.
10. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 2 oder 4, wobei jedes allgemein linsenartige Prisma (48) eine Querschnittsform aufweist, die ausgewählt ist aus einer Gruppe bestehend aus dreieckig, mehrfacettig und gekrümmt.
11. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 2 oder 4, wobei das Lichtlenkmerkmal (42) auf der Lichtlenkstruktur (40) eine Fläche definiert, die mindestens 5% der durch die Lichtlenkstruktur (40) definierten Gesamtfläche beträgt.
12. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 4, wobei der Wellenleiter (30) Acryl oder Polycarbonat ist.
13. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 4, wobei die erste Richtung allgemein senkrecht zum Lichtlenkmerkmalsarray (42) verläuft.
14. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 2 oder 4, weiterhin mit einer reflektierenden Beschichtung (52) auf einer Außenfläche des Lichtlenkmerkmalsarrays (42).
15. Beleuchtungssystem (10) nach Anspruch 2 oder 4, weiterhin mit einem Reflektor (50), der in der Nähe der Lichtlenkstruktur (40) angeordnet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

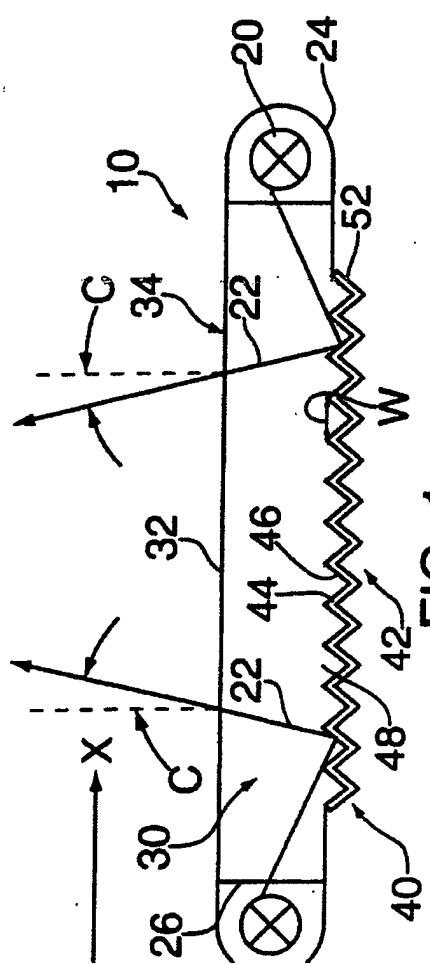


FIG. 1

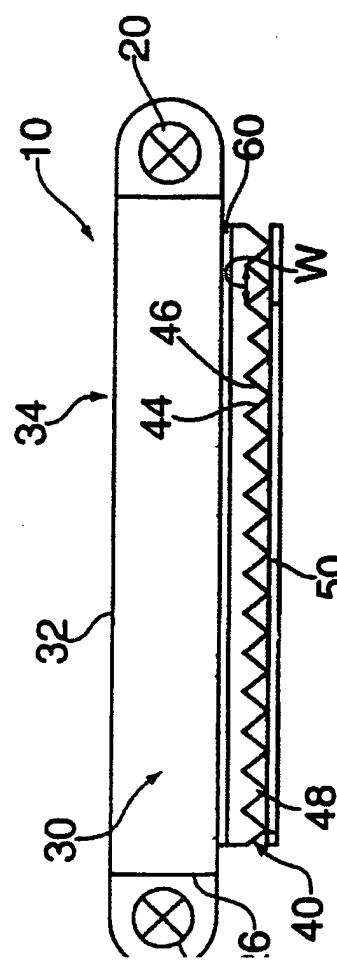
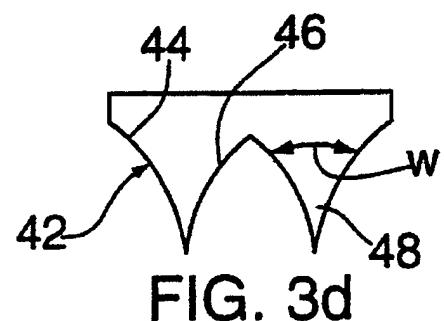
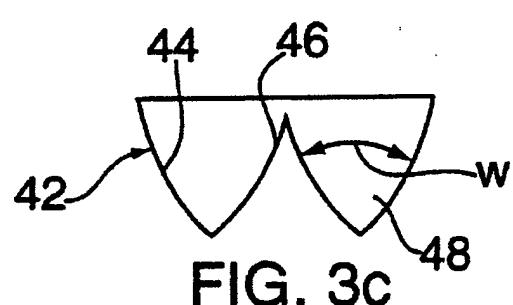
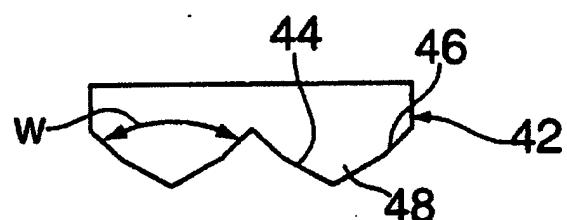
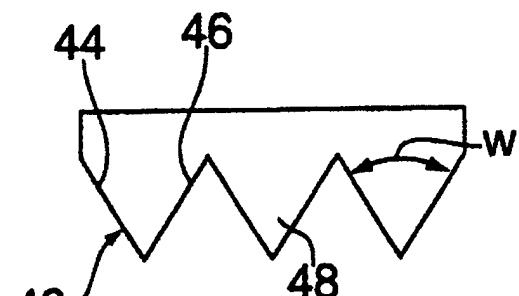


FIG. 2



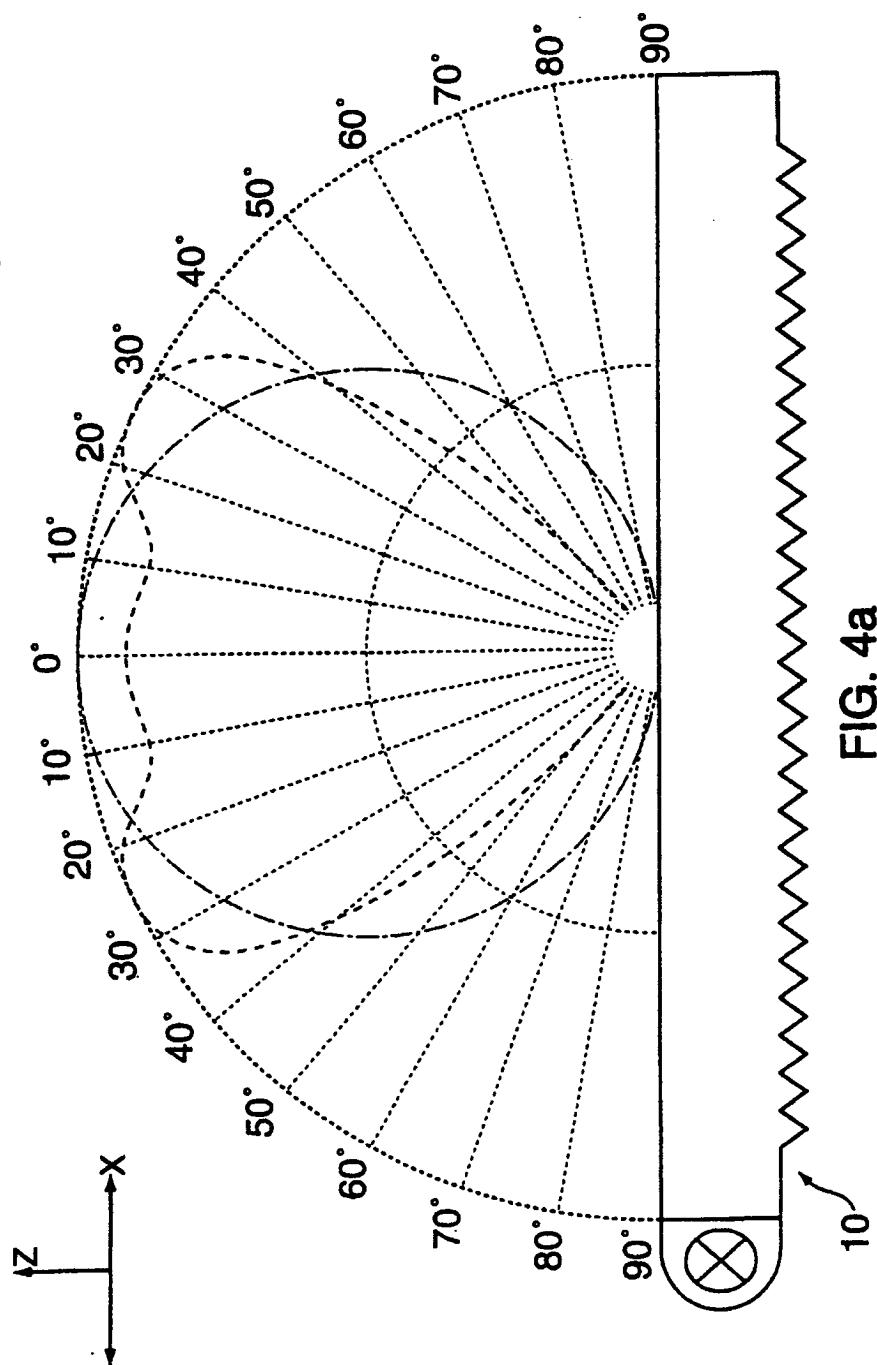


FIG. 4a

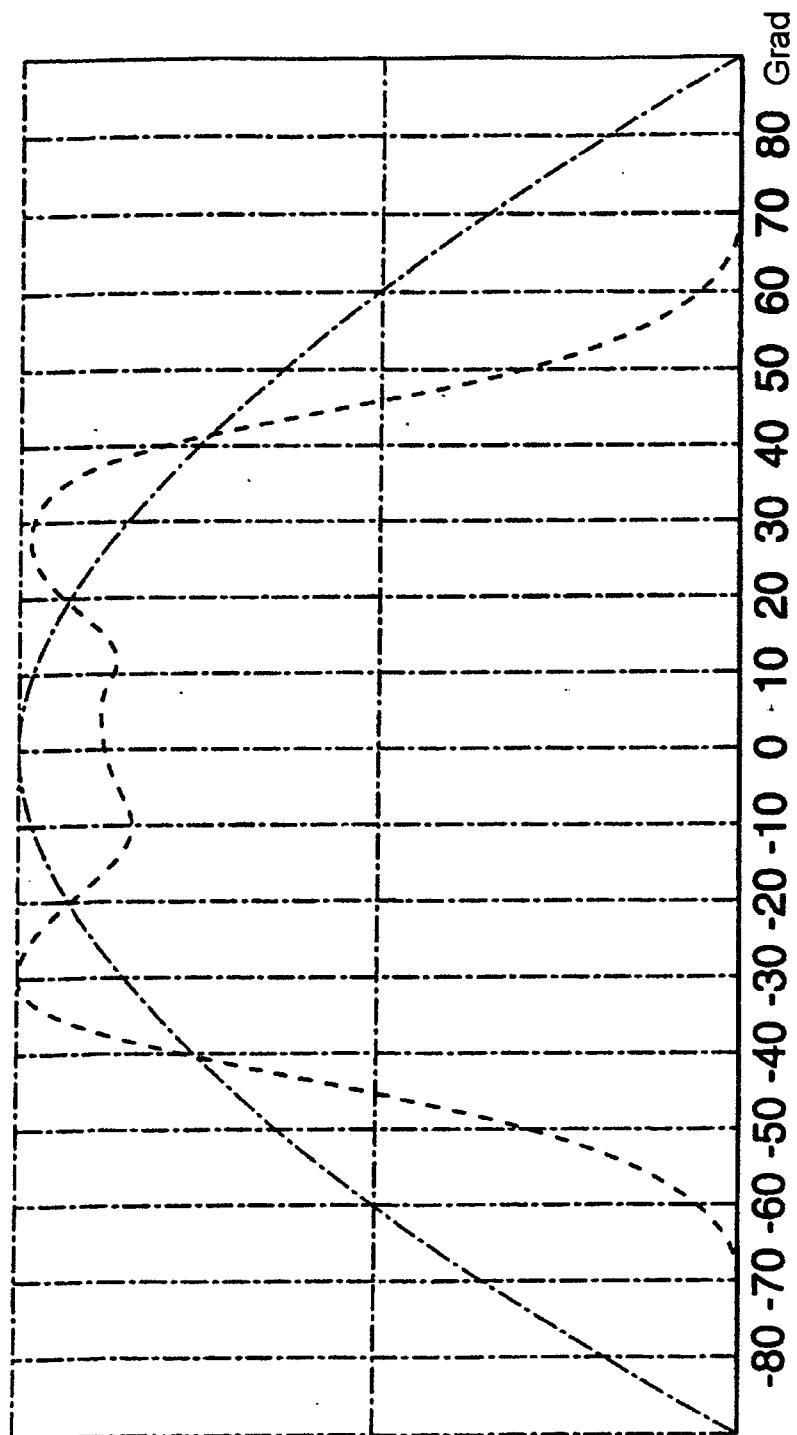


FIG. 4b

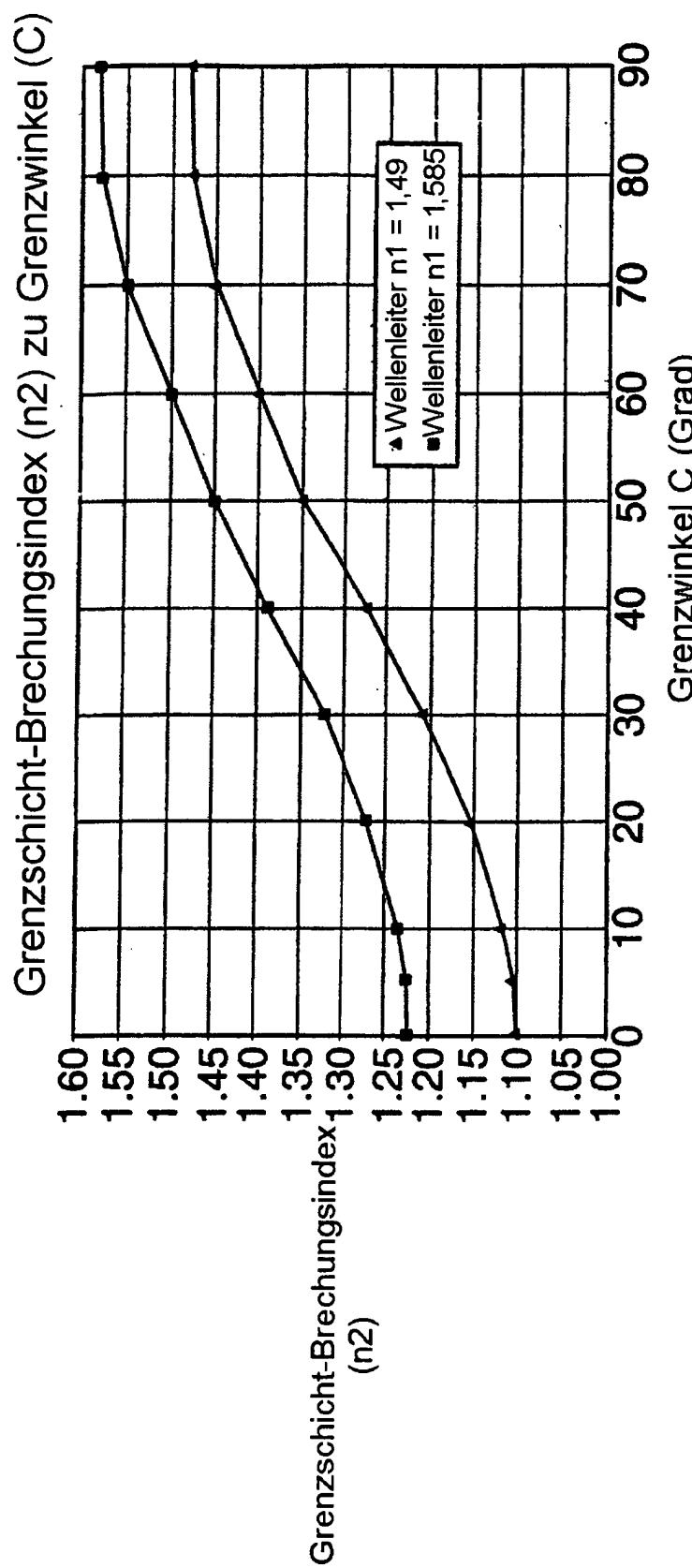


FIG. 5