



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 08 049 T2** 2006.08.03

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 417 843 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 08 049.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB02/03578**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 745 694.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/013151**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.08.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **13.02.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **12.05.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **14.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H04N 9/31** (2006.01)
H04N 5/74 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0118866 02.08.2001 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:

**Cambridge Flat Projection Displays Ltd.,
Fenstanton, Cambridgeshire, GB**

(72) Erfinder:

**TRAVIS, Adrian Robert Leigh, Wrangaton, South
Devon TQ10 9HH, GB**

(74) Vertreter:

**Nettinger, M., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81669
München**

(54) Bezeichnung: **FLACHBILDSCHIRM MIT SICH VERJÜNGENDEN WELLENLEITERN**

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 eingelegt, 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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Möglichkeit des Eliminierens von Verzerrungen in einem Display mit sich verjüngendem Wellenleiter von der Art, bei der Licht in das stumpfe Ende eines sich verjüngenden Plattenwellenleiters eintritt.

[0002] Ein solches Display mit sich verjüngendem Wellenleiter umfasst einen Videoprojektor, einen flachen plattenförmigen Wellenleiter, bekannt als "Eingangs-" oder "Expansionswellenleiter", um Licht aus dem Projektor in Breitenrichtung zu streuen, und eine sich verjüngende Schicht aus transparentem Material, welche als auslaufender Wellenleiter wirkt, wobei Licht aus ihrer Fläche an einem Punkt austritt, der durch den Eintrittswinkel des Lichts bestimmt ist. Die Verjüngung beginnt bei der Dicke, welche dem Expansionswellenleiter entspricht, und schreitet für gewöhnlich bis Null fort. Licht, das in die Verjüngung unter einem Winkel bis zum kritischen Winkel eintritt, wandert auf einem immer steiler werdenden Pfad hin und her, bis es unter einem Abstand entlang der Verjüngung austritt, welcher von dem ursprünglichen Winkel des Lichteintritts abhängt. Das System ist in der früheren Anmeldung WO 01/72037 des Anmelders beschrieben, welche einen Stand der Technik nach Artikel 54(3) EPÜ darstellt.

[0003] Diese Displays sind preiswert und robust, da die Bildschirme keine Dünnschichttransistoren benötigen und aus Kunststoff hergestellt werden können, wobei jedoch das projizierte Bild einer Verzerrung unterliegen kann. Insbesondere kann das Bild in Streifen mit dunklen Zwischenräumen dazwischen aufgespalten werden, da es bestimmte Punkte auf dem sich verjüngenden Austrittswellenleiter gibt, welche nicht von irgendeinem Strahl, welcher in die Verjüngung eintritt, unter dem kritischen Winkel erreicht werden können. Somit tritt zwischen der n-ten Reflexion und der (n + 1)-ten Reflexion kein Licht aus. Es ist wünschenswert, dieses Problem zu lösen.

[0004] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Displayvorrichtung mit sich verjüngendem Wellenleiter nach Anspruch 1 angegeben, sowie ein Verfahren zum Herstellen einer solchen Vorrichtung gemäß Anspruch 10.

[0005] In der früheren Anmeldung hatte die Keilform des sich verjüngenden Wellenleiters planare Flächen, was bedeutet, dass Spalte vorhanden sein könnten, in denen das Licht hin- und herreflektiert wird, wenn es intern entlang der Platte reflektiert wird, und dann bleibt die sich verjüngende Platte für eine weitere Reflexion vor dem Erreichen des kritischen Winkels innerhalb der Verjüngung. Es wurde herausgefunden, dass eine sehr geringe Abweichung von der Ebene in den Flächen des sich verjüngenden Wellenleiters diesen Effekt kompensieren kann, in-

dem gewährleistet wird, dass die Anzahl an Reflexionen immer gleich ist. Dies ist möglich, da es bereits eine eingebaute Tendenz des Ausbalancierens der Anzahl an Reflexionen gibt: Strahlen, die unter einem flachen Winkel eintreten, werden in der Eingangsplatte weniger häufig reflektiert, bleiben hingegen länger in der Ausgangsplatte, und umgekehrt.

[0006] Die Form der sich verjüngenden Platte kann durch Verfolgen des Strahls berechnet werden, und diese Berechnung ist besonders einfach, wenn die Eingangs- oder Expansionsplatte, welche dazu verwendet wird, das Bild in einer Dimension in der Ebene der Platte auszubreiten, ein (flacher) Quader ist. Die Eintrittsplatte kann mit der Verjüngung integral oder getrennt von dieser ausgebildet sein. Daneben kann sie in derselben Ebene liegen oder durch optische Mittel "gefaltet" sein. Für gewöhnlich weisen die Eingangs- und Ausgangswellenleiter etwa dieselbe Form in der Draufsicht auf, so dass sie die Aufstandsfläche der Vorrichtung in Hälften falten.

[0007] Obwohl die Vorrichtung stärker im Hinblick auf einen Display beschrieben wird, kann sie auch umgekehrt als Kamera betrieben werden, wie in der früheren PCT/GB 01/5266 des Anmelders beschrieben ist. Wenn die Lichtquelle eine einfache Punktlichtquelle ist, dann wird die Vorrichtung einfach eine Lichtquelle, die für LCD- oder Hologrammbeleuchtung nützlich ist.

[0008] Für ein besseres Verständnis der Erfindung werden nun Ausführungsformen derselben beispielhaft beschrieben. Dabei wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, in denen:

[0009] [Fig. 1](#) einen beispielhaften Algorithmus zum Berechnen eines geeigneten Dickenprofils für den sich verjüngenden Wellenleiter enthält;

[0010] [Fig. 2](#) das durch den Algorithmus von [Fig. 1](#) berechnete Profil des sich verjüngenden Wellenleiters darstellt;

[0011] [Fig. 3](#) Strahlen durch den sich verjüngenden Wellenleiter zeigt, wobei [Fig. 3a](#) die Situation zeigt, nachdem jeder Strahl 574 mal reflektiert wurde, und [Fig. 3b](#) die Situation zeigt, nachdem jeder Strahl 575 mal reflektiert wurde;

[0012] [Fig. 4](#) die Koordinaten der Dicke (t) gegenüber der Länge (z) einer Ausführungsform der geformten Verjüngung angibt;

[0013] [Fig. 5](#) zeigt, wie die Platte und die Verjüngung durch einen Kollimator mit großem Spiegel an der kurzen Kante der Platte gefaltet werden sollten;

[0014] [Fig. 6](#) zeigt, wie ein Satz Blenden und feinstreuende Lagen dazu verwendet werden können,

das Verschwimmen zu reduzieren und das Kontrastverhältnis zu verbessern; und

[0015] **Fig. 7** die Displayvorrichtung schematisch zeigt.

[0016] **Fig. 7** zeigt das allgemeine Layout, das durch die Erfindung vorgeschlagen wird. Ein Projektor **6** (oder eine Kamera, wenn die Vorrichtung umgekehrt betrieben wird, oder nur eine Punktlichtquelle zum Erzeugen einer Bereichsbeleuchtung) emittiert (oder empfängt) Licht, das ein aus einer Anordnung an Pixeln bestehendes Bild formt, in eine Kante eines rechteckigen Plattenwellenleiters **2**, wo es sich durch wechselweise Reflexion von den Hauptflächen ausbreitet. Diese Platte hat für gewöhnlich flache parallele Seiten, obwohl dies nicht notwendig ist. Wenn das Licht fortschreitet, breitet es sich seitlich in der Ebene der Platte und senkrecht zur Laufrichtung aus, wobei das ferne Ende die gesamte Breite der Platte erreicht. Somit ist das Bild so, als wäre es in Breitenrichtung vergrößert. Dort wird es durch eine zylindrische Linse kollimiert, um in das stumpfe Ende eines Plattenwellenleiters **1** gleicher Breite einzutreten, welche jedoch bezüglich der Höhe in Richtung vom Projektor weg verjüngt ist. Hier wird es ebenfalls intern reflektiert, jedoch bei ständig zunehmenden (steileren) Winkeln, bis der durch das Snelljussche Gesetz gegebene kritische Winkel erreicht ist, bei dem es entkommt, bspw. um ein Display auszubilden. Das Prinzip ist in der WO 01/72037 beschrieben.

[0017] Die geformte Verjüngung wird hergestellt, indem ein Algorithmus verwendet wird, um für die Verjüngung eine Folge von Dicken und Abständen zwischen diesen Dicken zu errechnen, wobei anschließend diese Daten in eine numerisch gesteuerte Maschine weitergeleitet werden, welche entweder direkt den sich verjüngenden Wellenleiter formt oder eine Gussform zu dessen Herstellung formt. Andere Verfahren zum Herstellen können auch in Erwägung gezogen werden.

[0018] Der Algorithmus startet durch Betrachten eines Strahls, dessen Winkel gleich dem kritischen Winkel ist, und zwar über eine gesamte interne Reflexion von den Flächen der Platte und der Verjüngung an der Platten-/Verjüngungsgrenzfläche. Dieser Strahl erfährt die maximale Anzahl an Reflexionen bei seiner Reise entlang der Eingangsplatte und verlässt den sich verjüngenden Wellenleiter bei der ersten Reflexion. Der Algorithmus bestimmt, welche Veränderung des Strahlenwinkels notwendig ist, damit ein Strahl in der Eingangsplatte eine Doppelreflexion weniger erfährt, und berechnet dann, bei welcher Verjüngungsdicke dieser Strahl aus der Verjüngung austritt. Der Algorithmus berechnet dann, welche Distanz vom Verjüngungseingang (d.h. dem dicken Ende) bis zu dem Punkt, an dem der Strahl aus-

tritt, benötigt wird, damit der Strahl eine extra Doppelreflexion in dem sich verjüngenden Wellenleiter erfährt, wodurch die Gesamtzahl an Reflexionen konstant gehalten wird, und ordnet diesen Fortsatz der Verjüngung dem neuen Wert für die Dicke der Verjüngung zu. Dieses Verfahren wird für aufeinanderfolgende Strahlungswinkel wiederholt, bis die Dicke der Verjüngung auf Null abgesunken ist.

[0019] Die Veränderung des Strahlenwinkels, die benötigt wird, damit ein Strahl in der Eingangsplatte eine Doppelreflexion weniger erfährt, wird durch Berechnen des Fortschreitens von Versuchsstrahlen durch die Platte errechnet, ein Verfahren, das als Strahlverfolgung bekannt ist. Bei der hier beschriebenen Ausführungsform weist die Eintritts- oder Expansionsplatte parallele Fläche auf, und der Strahlenwinkel θ_{in} wird gemäß der Trigonometrie wie folgt gegeben:

$$\cos \theta_{in} = \frac{\frac{2L}{\tan \theta_c} - 2bt_{in}}{\sqrt{\frac{2L}{\tan \theta_c} - 2bt_{in} + 4L^2}}$$

wobei b die Anzahl an Reflexionen weniger als diejenige für einen Strahl beim kritischen Winkel ist, t_{in} die Dicke der Ausbreitungsplatte und des Eingangs in die Verjüngung ist, $2L$ die Länge der Ausdehnungsplatte ist und θ_c der kritische Winkel ist. Es wird hier angenommen, dass die Platten aus Glas sind, wobei jedoch jedes geeignete Material eingesetzt werden könnte.

[0020] Die Verjüngungsdicke t_c , bei der ein Strahl aus der Verjüngung austritt, wird ausgehend von einem Winkel des Strahls, θ_{in} , relativ zur Normalen der Glas-/Luftschnittstelle, wenn der Strahl in die Verjüngung eintritt, wie folgt berechnet:

$$\begin{aligned} \Delta \theta &= 2 \frac{dt}{dz} \\ \Delta z &= \frac{2}{t \tan \theta} \\ \frac{d\theta}{dz} &= \frac{1}{t \tan \theta} \frac{dt}{dz} \\ \tan \theta \frac{d\theta}{dz} &= \frac{1}{t} \frac{dt}{dz} \\ \frac{d}{dz} (-\ln \cos \theta) &= \frac{d}{dz} \ln t \\ t_c &= \frac{t_{in} \cos \theta_{in}}{\cos \theta_c} \end{aligned}$$

[0021] Der Abstand vom Verjüngungseingang zu dem Punkt, an dem der Strahl austritt, welcher Abstand benötigt wird, damit der Strahl eine extra Doppelbrechung erfährt, wird durch Verfolgen eines Strahls durch die Verjüngung bei θ_{in} herausgefunden.

Der Abstand, über den sich der Strahl während einer Doppelbrechung bewegt, kann durch trigonometrische Ansätze ermittelt werden, und er beträgt das Doppelte der Dicke des Keils t an dem Punkt mal der Tangente des Strahlenwinkels θ an dem Punkt. Die Tangente des Strahlenwinkels ist wie folgt mit der Dicke verknüpft:

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta}}{\cos \theta} \\ &= \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta} - 1} \\ &= \sqrt{\frac{t^2}{t_{in}^2 \cos^2 \theta_{in}} - 1}\end{aligned}$$

[0022] Für die hier beschriebene Ausführungsform wurde ein Algorithmus für die Matlab Version 4.2c.1 von The Mathworks, Inc., geschrieben und ist in [Fig. 1](#) dargestellt. Es ist anzumerken, dass Tangens θ_c hier als $\sqrt{5}/2$ auftritt, welches der Wert ist, wenn der Brechungsindex gleich 1,5 ist, wie es im Beispiel der Fall ist.

[0023] Das Profil der Verjüngung für diese Ausführungsform ist in [Fig. 2](#) gezeigt und wurde unter Verwendung des Algorithmus von [Fig. 1](#) berechnet, mit der einzigen Veränderung, dass in der dritten Zeile des ausführbaren Codes, crit gleich dem inversen Sinus von $1/1.491756$ (d.h., der kritische Winkel von Licht in Acryl) gesetzt ist. Zwei Spuren von vier beispielhaften Strahlen durch eine 1270 mm lange, zu Beginn 2,5 mm dicke Platte, die anschließend eine Verjüngung mit dem in [Fig. 2](#) gezeigten Profil erfährt, sind in [Fig. 3](#) gezeigt, welche den Fortschritt entlang der Verjüngung auf der vertikalen Achse gegen die Ausbreitung senkrecht zur Ebene auf der horizontalen Achse zeigt. In [Fig. 3a](#) wurden die Strahlen über 574 Reflexionen verfolgt und keine ist aus der Verjüngung ausgetreten. In [Fig. 3b](#) wurden die Strahlen mit einer zusätzlichen Reflexion verfolgt, und alle sind aus der Verjüngung ausgetreten, sowohl jene in der Nähe des Anfangs als auch jene in der Nähe des Endes der Verjüngung. Der Eintrittswinkel kann deshalb variiert werden, ohne eine Veränderung an der Anzahl der Reflexionen zu erzeugen, so dass kein dunkler Spalt an einem beliebigen Punkt entsteht.

[0024] Der Code ist etwas grob, weshalb die Form der Verjüngung anschließend durch Versuche unter Einsatz eines Strahlenverfolgungsprogramms, wie bspw. Zemax, eingestellt werden sollte, um ein Profil zu erhalten, bei dem alle Strahlen die Verjüngung unter etwa dem gleichen Austrittswinkel nach derselben Anzahl an Reflexionen verlassen. Dies erfolgt, indem ein Strahl verfolgt wird, der in der Nähe des dicken Endes des Keils austritt, und dann Strahlen bei allmählich abnehmenden Eintrittswinkeln verfolgt wer-

den. Wenn ein Strahl unter einem zu flachen Winkel oder mit zu vielen Reflexionen austritt, sollte der Querschnitt der Verjüngung zwischen der Position des Austritts des gegenwärtigen Strahls und derjenigen des zuvor verfolgten Strahls verringert werden. Wenn ein Strahl bei einem zu großen Winkel oder mit zu wenig Reflexionen austritt, sollte der Abschnitt der Verjüngung zwischen der Position des Austritts des gegenwärtigen Strahls und derjenigen des zuvor verfolgten Strahls vergrößert werden.

[0025] Es scheint, dass innerhalb von Grenzen die präzise Form der Verjüngung nicht wichtig ist – der entscheidende Punkt ist die Dicke entlang ihrer Länge. Eine Fläche sollte flach sein oder es können beide Flächen gewellt sein oder beliebig.

[0026] [Fig. 4](#) zeigt die Dicken- und Längenkoordinaten einer Verjüngung gemäß dieser Erfindung, welche in diesem Fall am dicken Ende 15 mm dick ist, etwa 1130 mm lang und an eine Platte gestoßen ist, welche 1370 mm lang und 15 mm dick ist. [Fig. 5](#) zeigt im Aufriss und in Draufsicht die Verjüngung **1** und die Expansionsplatte **2** zusammen, wobei ein Falz **3** in der Verjüngung vorhanden ist, sowie, um den Übergang von der Platte **2** zu der ausgeformten Verjüngung **1** zu verbinden, ein Abschnitt von 44 mm auf jeder Seite der Schnittstelle Platte/Verjüngung, welcher zu einer Kurve **4** mit einem Krümmungsradius von 8500 mm geglättet ist.

[0027] Wenn eine dickere Verjüngung erforderlich ist, sollte die Dicke sowohl der Platte als auch der Verjüngung linear vergrößert werden. Wenn eine längere Verjüngung erforderlich ist, sollte die Länge sowohl der Platte als auch der Verjüngung linear vergrößert werden.

[0028] Wenn Spalte bei allen Projektionswinkeln zu vermeiden sind, dann ist es wichtig, dass die optische Weglänge vom Projektor zum Keil nicht verändert wird, wenn die Strahlen zwischen der Platte und der Verjüngung kollimiert werden. Ein Fresnel-Spiegel ist deshalb ungeeignet, aber der Effekt eines herkömmlichen Kollimierungsspiegels wird es sein, die Kante des Displays zu krümmen. Um diese Krümmung zu minimieren, werden Strahlen parallel zur längeren Abmessung des Displays (unter der Annahme, dass es im Wesentlichen rechteckig ist) auf einen Spiegel **5** an der kürzeren Seite ausgestrahlt, wie in [Fig. 5](#) gezeigt. Das Größenverhältnis der Wellenleiter ist im Allgemeinen kleiner als 2, zumindest für ein Display. In [Fig. 5](#) ist nicht der Falz innerhalb der Platte gezeigt, der eingeführt werden sollte, wenn es gewünscht wird, den Videoprojektor **6** im Zentrum einer der längeren Seiten des Displays und einen durchsichtigen Schirm auf der Oberseite des sich verjüngenden Wellenleiters zu positionieren, um das Bild in verschiedene Richtungen sichtbar zu machen.

[0029] Wenn die Strahlen einen Einfallswinkel erreichen, der gerade kleiner ist als der kritische Winkel, werden sie nur partiell übertragen, und die ungewünschte reflektierte Strahlenkomponente tritt weiter entlang dem Wellenleiter so aus, dass benachbarte Pixel verschwimmen. Jedoch tritt die reflektierte Komponente unter einem steileren Winkel als die erste aus, und eine Möglichkeit, das Verschwimmen zu vermeiden, besteht darin, den durchsichtigen Schirm an einem solchen Abstand zum Wellenleiter anzuordnen, dass beide Strahlenkomponenten zusammen fallen, wenn sie auf den Schirm auftreffen. Der Nachteil dieser Maßnahme liegt darin, dass sie das gesamte Display sogar dicker macht, und die modifizierten Displays gemäß der Erfindung sollen in jedem Fall dicker sein als normal, um die Ausdehnung beizubehalten.

[0030] Vorzugsweise wird deshalb ein Satz an opaken Blenden **8** über dem sich verjüngenden Wellenleiter **7** angeordnet, wie in [Fig. 6](#) gezeigt, um jene Komponente der Strahlen **10**, die übertragen wird, wenn der Strahl erstmalig bei weniger als dem kritischen Winkel auftrifft, durchgelassen wird, wobei jedoch die reflektierte Strahlenkomponente **11** blockiert wird. Ein Streuelement **9**, bspw. Phosphor oder eine brechende Oberfläche, sollten am Ende jeder Blende angeordnet sein, und vorausgesetzt, dass die Streuelemente klein gehalten werden, wird das meiste Umgebungslicht **12** durch die Blenden absorbiert. Alternativ können die Elemente **9** emittierend sein, bspw. ein Phosphor, das durch Eingangslicht kurzer Wellenlänge, gegebenenfalls UV-Strahlung, aktiviert wird. Das Resultat ist ein dünner Schirm, auf welchen nichts verschwimmt und der ein gutes Kontrastverhältnis aufweist, jedoch keine Antireflexionsbeschichtung benötigt.

Patentansprüche

1. Optische Vorrichtung mit sich verjüngendem Wellenleiter, aufweisend einen Eingangswellenleiter (**2**) in Form einer Platte, in deren eines Ende Licht eingebracht werden kann, so dass es den Wellenleiter entlang unter Reflexionen zum anderen Ende wandert, und einen sich verjüngenden Ausgangswellenleiter (**1**), der dafür ausgelegt ist, Licht unter verschiedenen Einfallswinkeln vom Eingangswellenleiter am dicken Ende der Verjüngung aufzunehmen, um es ihm zu ermöglichen, sich über einen bestimmten Abstand durch Reflexion innerhalb der Verjüngung auszubreiten, und dann das Licht über eine der Seiten des sich verjüngenden Wellenleiters zu emittieren, wenn der Einfallswinkel an jener Fläche den kritischen Winkel übersteigt; wobei das Dickenprofil das sich verjüngenden Wellenleiters so ist, dass das Licht mit den verschiedenen Einfallswinkeln insgesamt gleich viele Male reflektiert wird, wobei es durch die beiden Wellenleiter tritt, bevor es den sich verjüngenden Wellenleiter verlässt.

2. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Eingangswellenleiter (**2**) ein flacher rechteckiger Quader ist.

3. Optische Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die beiden Wellenleiter aus demselben Material hergestellt sind.

4. Optische Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter aufweisend ein Kollimationselement (**5**), das das Licht zwischen dem Eingangswellenleiter und dem sich verjüngenden Wellenleiter so führt, dass das Licht, aufgelöst in der Ebene des sich verjüngenden Wellenleiters, im Wesentlichen parallel wandert.

5. Optische Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter aufweisend einen Schirm über dem sich verjüngenden Wellenleiter, um das austretende Licht zu streuen, um den Sichtwinkel zu erhöhen.

6. Optische Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der Schirm Schlitze (**8**) aufweist, welche um einen Winkel geneigt sind, der geeignet ist, die austretenden Strahlen weiter zu leiten, sowie Diffusionselemente (**9**) zwischen den Schlitzen.

7. Optische Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, aufweisend einen Videoprojektor (**6**), der dafür angeordnet ist, ein Bild in den Eingangswellenleiter einzuleiten, um eine Anzeige auszubilden.

8. Optische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, aufweisend eine effektive Punktlichtquelle, wobei die Vorrichtung somit als planare Lichtquelle fungiert.

9. Optische Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Eingangs- und Ausgangswellenleiter (**1**, **2**) gefaltet (**3**) sind, so dass einer über dem anderen liegt.

10. Verfahren zum Herstellen einer sich verjüngenden optischen Vorrichtung, umfassend einen Eingangswellenleiter (**2**) in Form einer Platte, in deren eines Ende Licht eingeleitet werden kann, so dass es sich unter Reflexionen den Wellenleiter entlang ausbreitet und zum anderen Ende wandert, und einen sich verjüngenden Ausgangswellenleiter (**1**), der dafür ausgelegt ist, Licht vom Eingangswellenleiter an seinem dicken Ende zu empfangen, um es ihm zu ermöglichen, über einen bestimmten Abstand zu wandern, und es dann über eine seiner Seiten zu emittieren, wenn der Winkel innerhalb der Verjüngung den kritischen Winkel übersteigt, wobei, startend mit der maximalen Anzahl an Reflexionen innerhalb des Eingangswellenleiters, die Dicke der Verjüngung für ein Dekrement einer Doppelreflexion im Eingangswel-

lenleiter berechnet wird und der entsprechende Abstand vom dicken Ende der Verjüngung berechnet wird, um zu gewährleisten, dass das Licht einer doppelten zusätzlichen Reflexion in dem sich verjüngenden Wellenleiter unterzogen wird, wodurch gewährleistet wird, dass die Gesamtzahl an Reflexionen konstant gehalten wird, wobei die Berechnungen der Verjüngungsdicke und des Abstands vom dicken Ende der Verjüngung für jedes Dekrement einer doppelten Reflexion im Eingangswellenleiter wiederholt wird, bis die Dicke der Verjüngung eine untere Grenze erreicht, und der sich verjüngende Wellenleiter, oder eine Mulde für denselben, wird entsprechend geformt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

```

%*****
%                                wegtrak3.m                                *
%                                *                                           *
%                                *                                           *
% Die Formel der Keildicke gegen den Strahlenwinkel wird                *
% verwendet, um das Verjüngungsprofil eines Keils zu berechnen,          *
% der ein Bild ohne dunkle Bänder vergrößert.                            *
%                                *                                           *
% 24 April 2001, Adrian Travis                                           *
%*****

t0=2.5;                                %t0 ist Keildicke &
z0=0;                                %z0 ist die Position am Start.
crit=asin(1/1.5);                    %crit ist der kritische Winkel.
L=635;                                %L ist die Halblänge der Platte.

for b=1:283                            %für 283 Doppelbrechungen, b,
    tc(b)=(t0/cos(crit))/sqrt(1+(2*L/(sqrt(5)*L-2*b*t0))^2);
end                                    %tc(b) ist die Keildicke.

for b=1:283                            %cosray(b) ist der Kosinus des
    cosray(b)=(sqrt(5)*L-2*b*t0)/sqrt((sqrt(5)*L-2*b*t0)^2+4*(L^2));
end                                    %Strahleneingangswinkels gegen b.

tanray=sqrt(tc(1)^2/(t0^2*cosray(1)^2)-1); %tanray ist tan(rayangle).
z(1)=2*t0*tanray;                    %Strahl bewegt sich z(1) wenn er eintritt,
                                    %1 Doppelbrechung von crit. weg.

tanray=sqrt(tc(1)^2/(t0^2*cosray(2)^2)-1); %wenn Strahl 2 Doppelbrechungen
sum=(z(1)-z0)/(2*tc(1)*tanray);        %von crit, berechnet sum die
dz=2*tc(2)*tan(crit)*(2-sum);          %Doppelbrechungen bis zu z(1), nimmt dz
z(2)=z(1)+dz;                          % vom rest, somit z(2).

for b=3:283
    tanray=sqrt(tc(1)^2/(t0^2*cosray(b)^2)-1); %für 3 Doppelbrechungen usw.
    sum=(z(1)-z0)/(2*tc(1)*tanray); %finde erstes tanray und
    for i=1:b-2                        %Doppelbrechungen im ersten Zweig,
        tanray=sqrt(tc(i+1)^2/(t0^2*cosray(b)^2)-1); %dann, für den nächsten Zweig,
        sum=sum+(z(i+1)-z(i))/(2*tc(i+1)*tanray); %finde tanray und
    end                                %addiere die
    dz=2*tc(b)*tan(crit)*(b-sum);      %Doppelbrechungen bis zum letzten Zweig
    z(b)=z(b-1)+dz;                    %verbleibende Brechungen, gibt dz,
                                    %und somit z(b).
end

plot(z,tc);

```

Figur 1

Figur 2

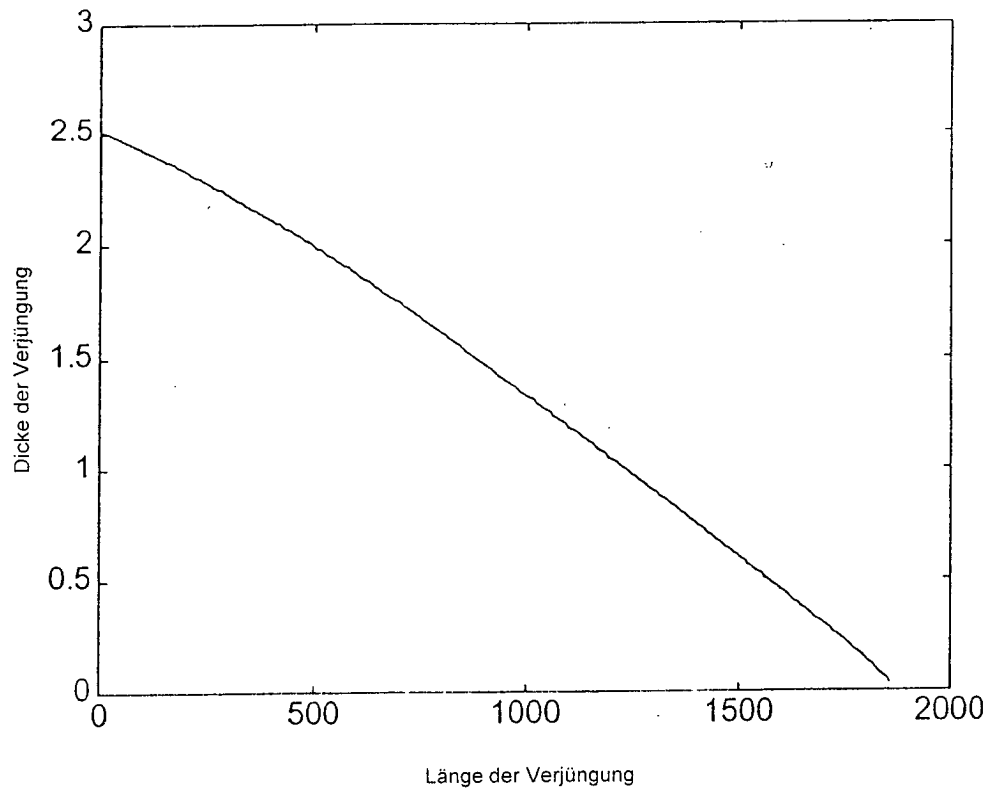


Fig 3a

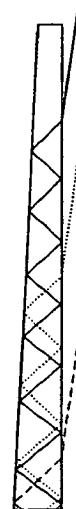
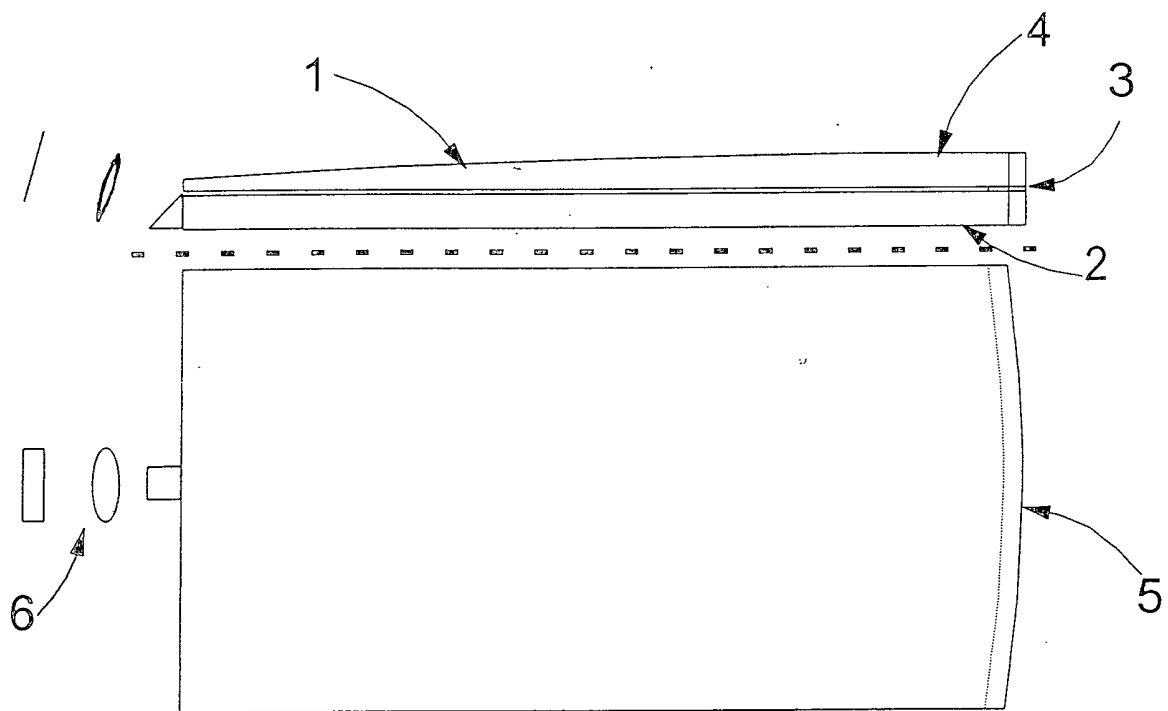


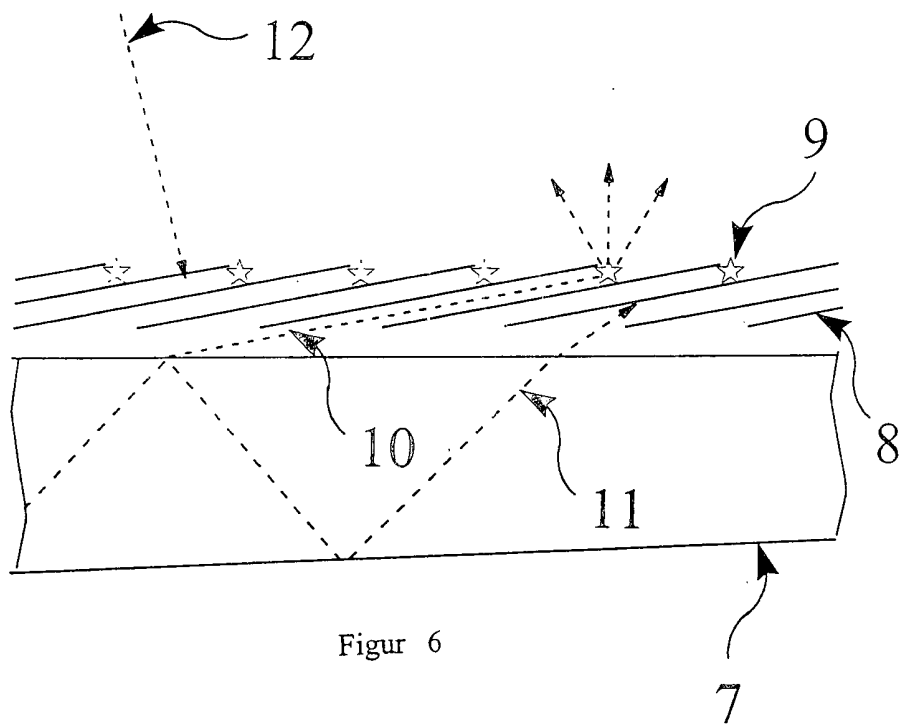
Fig 3b

t	z	t	z	t	z	t	z
14.88454	0	13.59214	223.25	11.86021	483.83	9.609266	784.03
14.88294	0.3	13.56	228.36	11.81806	489.83	9.555135	790.98
14.85844	4.9	13.52768	233.46	11.77567	495.74	9.500736	797.93
14.8338	9.5	13.49517	238.67	11.73303	501.74	9.446069	804.87
14.80901	14.1	13.46246	243.78	11.69017	507.75	9.391133	811.82
14.78407	18.7	13.42956	248.99	11.64706	513.75	9.33593	818.76
14.75899	23.35	13.39647	254.09	11.60371	519.76	9.280458	825.81
14.73376	28.11	13.36319	259.3	11.56011	525.86	9.224717	832.86
14.70838	32.76	13.3297	264.63	11.51628	531.87	9.168707	839.8
14.68285	37.42	13.29603	269.96	11.4722	537.81	9.112428	846.95
14.65717	42.17	13.26215	275.28	11.42788	543.93	9.055881	854
14.63134	46.93	13.22807	280.71	11.38331	550.04	8.999064	861.15
14.60535	51.68	13.1938	286.04	11.3385	556.16	8.941979	868.3
14.57922	56.33	13.15932	291.47	11.29344	562.38	8.884624	875.45
14.55292	61.09	13.12465	296.9	11.24813	568.6	8.827	882.6
14.52647	65.84	13.08977	302.33	11.20257	574.71	8.769108	889.75
14.49987	70.7	13.05468	307.76	11.15676	581.03	8.710946	897
14.4731	75.45	13.01939	313.19	11.11071	587.25	8.652516	904.26
14.44618	80.21	12.98389	318.62	11.0644	593.47	8.593818	911.52
14.4191	85.07	12.94819	324.16	11.01784	599.79	8.534851	918.78
14.39186	89.92	12.91228	329.69	10.97103	606.11	8.475616	926.14
14.36446	94.68	12.87616	335.22	10.92396	612.43	8.416113	933.5
14.33689	99.53	12.83983	340.75	10.87664	618.75	8.356342	940.76
14.30916	104.39	12.80329	346.29	10.82907	625.17	8.296304	948.23
14.28127	109.24	12.76653	351.82	10.78124	631.49	8.235999	955.59
14.25321	114.1	12.72956	357.35	10.73315	637.92	8.175427	963.06
14.22499	119	12.69238	362.99	10.68481	644.34	8.114589	970.42
14.1966	123.81	12.65498	368.62	10.63621	650.76	8.053486	977.89
14.16804	128.71	12.61737	374.26	10.58735	657.29	7.992117	985.46
14.13931	133.52	12.57954	379.89	10.53824	663.71	7.930483	992.92
14.11041	138.43	12.54148	385.53	10.48886	670.24	7.868585	1000.49
14.08134	143.33	12.50321	391.26	10.43923	676.76	7.806423	1007.96
14.0521	148.24	12.46472	396.9	10.38933	683.39	7.743998	1015.52
14.02269	153.15	12.42601	402.6	10.33917	689.92	7.68131	1022.97
13.9931	158.06	12.38708	408.3	10.28875	696.54	7.61836	1030.5
13.96333	162.96	12.34792	414	10.23807	703.07	7.555149	1038.12
13.93339	167.97	12.30853	419.7	10.18713	709.7	7.491678	1045.75
13.90328	172.88	12.26893	425.5	10.13592	716.43	7.427947	1053.38
13.87298	177.88	12.22909	431.2	10.08445	723.06	7.363957	1061
13.84251	182.89	12.18903	437	10.03271	729.79	7.299708	1068.73
13.81185	187.9	12.14874	442.81	9.98071	736.52	7.235203	1076.36
13.78102	192.91	12.10821	448.61	9.928446	743.25	7.170441	1084.09
13.75	197.91	12.06746	454.41	9.875915	749.98	7.105424	1091.82
13.7188	203.02	12.02648	460.31	9.823118	756.71	7.040153	1099.65
13.68741	208.03	11.98526	466.12	9.770056	763.54	6.974628	1107.38
13.65584	213.13	11.94381	472.02	9.716726	770.37	6.90885	1115.21
13.62408	218.14	11.90213	477.92	9.66313	777.2	6.842822	1123.04
						6.776543	1130.87

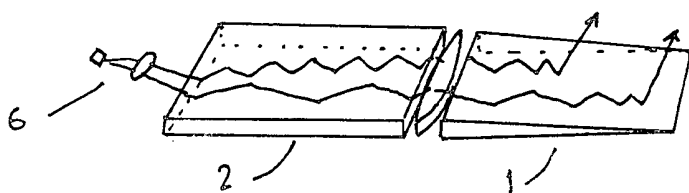
Figur 4



Figur 5



Figur 6



Figur 7