

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 479 042 A2**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **91115810.3**

51 Int. Cl.⁵: **F21V 7/00**

22 Anmeldetag: **18.09.91**

30 Priorität: **04.10.90 DE 4031302**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.04.92 Patentblatt 92/15

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DK ES FR GB GR IT LI NL SE

71 Anmelder: **Bartenbach, Christian**
Rinner Strasse 14
A-6071 Aldrans (Tirol)(AT)

72 Erfinder: **Bartenbach, Christian**
Rinner Strasse 14
A-6071 Aldrans (Tirol)(AT)

74 Vertreter: **Knoblauch, Andreas, Dr.-Ing. et al**
Kühhornshofweg 10
W-6000 Frankfurt 1(DE)

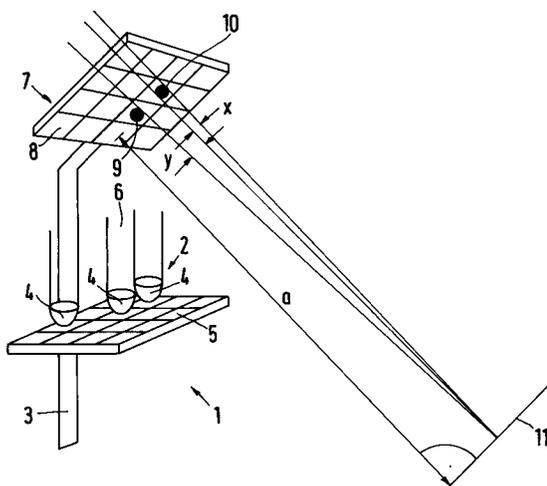
54 Beleuchtungsanordnung.

57 Es wird eine Beleuchtungsanordnung mit einer optischen Einrichtung, die Licht von einer Lichtquelle in eine Vielzahl von Teilstrahlen zerlegt und diese auf eine auszuleuchtende Fläche richtet, angegeben, wobei auf jede Teilfläche der Fläche mehrere Teilstrahlen gerichtet sind und am Ausgang der optischen Einrichtung (7) einzelne Leuchtflächen (9, 10) wahrnehmbar sind.

Mit einer derartigen Beleuchtungsanordnung soll einerseits in der auszuleuchtenden Fläche eine ausreichende Helligkeit erreicht werden. Andererseits soll eine Blendung für eine in einem Betrachtungsabstand (a) befindliche Person vermieden werden.

Dazu ist vorgesehen, daß die Leuchtflächen (9, 10) eine von dem Betrachtungsabstand (a) abhängige Maximalgröße nicht überschreiten und benachbarte Leuchtflächen (9, 10) einen vorbestimmten Mindestabstand zueinander aufweisen, so daß sie im Betrachtungsabstand (a) voneinander unterscheidbar sind.

Fig.1



EP 0 479 042 A2

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsanordnung mit einer optischen Einrichtung, die Licht von einer Lichtquelle in eine Vielzahl von Teilstrahlen zerlegt und diese auf eine auszuleuchtende Fläche richtet, wobei auf jede Teilfläche der Fläche mehrere Teilstrahlen gerichtet sind und am Ausgang der optischen Einrichtung einzelne Leuchtflächen wahrnehmbar sind.

Eine derartige Beleuchtungsanordnung ist aus CH 627 252 A bekannt. Hier wird der Lichtstrahl einer Reflektorlampe gegen eine Reflektoranordnung gerichtet, die eine Vielzahl von Einzelreflektoren aufweist. Jeder Einzelreflektor ist so ausgestaltet, daß er die gesamte auszuleuchtende Fläche ausleuchtet. Der Betrachter des Reflektors sieht zwar in jedem Einzelreflektor das Abbild der Lampe, die Lichtstärke jedes Abbildes beträgt jedoch nur noch einen der Anzahl der Reflektoren entsprechenden Bruchteil der Lichtstärke der Lampe. Durch die verminderte Lichtstärke, die der Betrachter in jedem einzelnen Abbild wahrnimmt, soll eine Blendung vermieden werden.

Eine derartige Beleuchtungsanordnung hat sich bei der Ausleuchtung von Räumen bis zu einer gewissen Größenordnung bewährt. Eine Übertragung einer derartigen Beleuchtungsanordnung auf größere Flächen, wie etwa Freiflächen oder größere Hallen, ist bislang jedoch an der mangelnden Fähigkeit der Beleuchtungsanordnung gescheitert, genügend Licht für die Ausleuchtung zur Verfügung zu stellen. In dem Augenblick, wo die Lichtstärke oder die Leuchtdichte der Lichtquelle erhöht wird, was ohne weiteres mit modernen Leuchtmitteln möglich ist, verschwindet der vorteilhafte Effekt der verringerten Lichtstärke des Abbildes der Lichtquelle im Reflektor. Es tritt also wieder eine Blendwirkung auf.

Bei Beleuchtungsaufgaben sind grundsätzlich zwei Entfernungen von der Beleuchtungsanordnung zu unterscheiden. Zum einen gibt es die Entfernung, in der sich die auszuleuchtende Fläche befindet. In dieser Entfernung muß die Beleuchtungsanordnung genug Licht zur Verfügung stellen, um eine gewünschte Helligkeit zu erreichen. Die Helligkeit kann hierbei von mehreren Faktoren abhängig sein. Beispielsweise wird in einer Fertigungshalle, in der visuell zu überwachende Produktionsprozesse ablaufen, eine größere Helligkeit erforderlich sein als auf einer großen Freifläche, wie etwa einem Parkplatz oder einem Speditionshof. Zum anderen ist aber zu beachten, daß sich die Augen der Personen, die sich in dem auszuleuchtenden Raum aufhalten, nicht immer in Höhe der auszuleuchtenden Fläche befinden. Dies ist ohne weiteres einleuchtend, wenn die auszuleuchtende Fläche der Fußboden ist, da sich dann die Augen der Personen etwa 1,5 bis 2 m näher an der Beleuchtungsanordnung befinden. Kritischer wird diese Frage

allerdings bei Problemstellungen, in denen der gewöhnliche oder mögliche Aufenthalt von Personen weit oberhalb der auszuleuchtenden Fläche angeordnet ist, beispielsweise, wenn die Personen bewegliche Arbeitsbühnen benutzen oder sich im Führerhaus eines oberhalb der auszuleuchtenden Fläche angeordneten Kranes aufhalten müssen. Auch bei einem Aufenthalt in einem Führerhaus eines Lastkraftwagens befinden sich die Augen des Fahrers in der Regel ca. 3 m oberhalb der auszuleuchtenden Fläche. Bei der Lösung derartiger Beleuchtungsaufgaben ist daher ein Betrachtungsabstand zu ermitteln, d.h. ein Abstand, in dem sich Betrachter gewöhnlich aufhalten. Betrachter sind hierbei Personen, die absichtlich oder versehentlich auf die Beleuchtungsanordnung blicken können, wobei eine Blendwirkung dieser Betrachter vermieden werden soll.

In der Beleuchtungstechnik ist man bemüht, einen Betrachter, der sich im auszuleuchtenden Bereich befindet, vor Blendwirkung zu schützen. Gleichzeitig soll im auszuleuchtenden Bereich eine ausreichende Helligkeit gegeben sein. Eine Blendwirkung tritt immer dann auf, wenn Teile der Beleuchtungsanordnung, wie Lichtquelle, Reflektoren oder Halterungen, oder reflektierende Gegenstände, wie metallische Teile, weiße Flächen oder ein nasser Bodenbelag, für einen Betrachter sehr viel heller erscheinen als die Umgebung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungsanordnung anzugeben, mit der auch bei einer hohen Beleuchtungsstärke eine Blendwirkung weitgehend vermieden werden kann.

Diese Aufgabe wird bei einer Beleuchtungsanordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Leuchtflächen eine von einem Betrachtungsabstand abhängige Maximalgröße nicht überschreiten und benachbarte Leuchtflächen einen vorbestimmten Mindestabstand zueinander aufweisen, so daß sie im Betrachtungsabstand voneinander unterscheidbar sind.

Bei der aus CH 627 252 A bekannten Anordnung ging man davon aus, daß es zur Vermeidung einer Blendwirkung ausreicht, die Lichtstärke des Abbildes der Lichtquelle, also die Lichtstärke eines vom Betrachter wahrnehmbaren Punktes bzw. der wahrnehmbaren Leuchtfläche, zu vermindern. Damit sind aber der Helligkeit in der auszuleuchtenden Fläche Grenzen gesetzt. Es hat sich nun herausgestellt, daß man die Lichtstärke jedes einzelnen Punktes, d.h. jeder einzelnen Leuchtfläche, praktisch unbegrenzt steigern kann, sofern man nur darauf achtet, daß die Leuchtflächen eine vorbestimmte Größe nicht überschreiten. Diese Größe ist vom Betrachtungsabstand abhängig. Je größer der Betrachtungsabstand ist, desto größer kann die Leuchtfläche gewählt werden. Als zweites Kriterium kommt hinzu, daß benachbarte Leuchtflächen einen

vorbestimmten Mindestabstand zueinander aufweisen müssen. Obwohl die physiologischen Vorgänge der Blendung noch nicht abschließend geklärt sind, wird angenommen, daß durch die Verringerung der Leuchtflächengröße auf der Netzhaut des Auges des Betrachters nur noch eine Sinneszelle angeregt wird. Ist die leuchtende Fläche größer, werden mehrere Sinneszellen auf der Netzhaut angeregt. In diesem Fall setzt eine unbewußt gesteuerte Kontrastverstärkung ein, die entlang der Hell-Dunkel-Grenze auf der Netzhaut auf der einen Seite die Sinneszellen hemmt und auf der anderen Seite verstärkt aktiviert. Bei normalen Umgebungsleuchtdichten führt diese Kontrastverstärkung zu einer Erhöhung der Sehleistung, bei sehr hohen Leuchtdichten allerdings zu einer Blendungsempfindung. Der Minimalabstand zwischen benachbarten Leuchtflächen ist durch die endliche Auflösungsfähigkeit des menschlichen Auges bestimmt. Unterschreitet der Abstand einen gewissen Mindestwert, kann das menschliche Auge die beiden Leuchtflächen nicht mehr unterscheiden. Die beiden Leuchtflächen reizen dann zwar für sich jeweils nur eine einzelne Sinneszelle auf der Netzhaut, die beiden Sinneszellen sind jedoch benachbart, so daß wieder die oben beschriebene Kontrastverstärkung erfolgt. Der Mindestabstand zweier Leuchtflächen ist ebenfalls vom Betrachterabstand abhängig. Er kann bei einem kleinen Betrachtungsabstand kleiner als bei einem großen Betrachtungsabstand sein.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Maximalgröße der Leuchtfläche in Abhängigkeit von einem in der Lichtquelle verwendeten Leuchtmittel gewählt. Es wird vermutet, daß das Blendungsempfinden unter anderem auch von der Farbe des Lichtes beeinflusst wird, die durch das in der Lichtquelle verwendete Leuchtmittel bestimmt ist.

Eine genaue Definierung ergibt sich bei einer bevorzugten Ausführungsform dadurch, daß jede Leuchtfläche eine Größtabmessung D aufweist, die durch folgende Beziehung definiert ist:

$$D = 2 \cdot a \cdot \tan(x/2),$$

wobei a der Betrachtungsabstand in m ist und x in Winkelminuten durch folgende Beziehung definiert ist:

$$x = (-1/g \cdot \ln((K - B) / (K - 1))) - s,$$

wobei

$$0,5 \leq g \leq 0,9$$

$$6 \leq K \leq 9$$

$$1 \leq B \leq 6$$

und

$$0 \leq s \leq 0,3.$$

Die Größen g , K und s sind dabei von dem verwendeten Leuchtmittel abhängig. Beispielsweise liegt für Halogen g in der Größenordnung von 0,5 bis 0,7, K in der Größenordnung von 8 bis 9 und s in der Größenordnung von 0,01 bis 0,03. Für Natriumdampf-Hochdruck als Leuchtmittel ist K kleiner und s größer, für Quecksilberdampf-Hochdruck als Leuchtmittel ist g größer, K kleiner und s kleiner als für Halogen. Genaue Werte für die einzelnen Leuchtmittel lassen sich beispielsweise durch einfache Versuche, in denen die Blendwirkung bei verschiedenen Testpersonen ermittelt wird, leicht feststellen.

Dabei ist bevorzugt, daß B in Abhängigkeit von dem im Betrachtungsabstand zumutbaren Blendungsempfinden gewählt ist. Je kleiner B gewählt wird, desto kleiner ist das subjektive Blendungsempfinden. Bei $B = 1$ ist die Blendung unmerklich, bei $B = 6$ ist sie an der oberen Grenze des Erträglichen, ohne daß die Blendung jedoch unzumutbar wäre.

Das Blendungsempfinden ist eine subjektiv zu bewertende Größe. Es hängt von einer Reihe von Faktoren ab, unter anderem vom Alter und vom Allgemeinzustand des Betrachters. Müdigkeit und Konsum von Alkohol erhöhen beispielsweise bei ansonsten unveränderten Bedingungen das Gefühl, geblendet zu werden. Bei $B = 6$ kann ein Teil aus einer größeren Gruppe von Betrachtern durchaus das Empfinden einer leichten Blendung haben, insbesondere, wenn zu dieser Gruppe auch ältere Menschen gehören oder damit zu rechnen ist, daß die Betrachter in der Regel ermüdet sind, wenn sie die Beleuchtungsanordnung betrachten. In diesem Fall wird man einen Blendungsindex von $B = 5$ oder kleiner wählen. Bei $B = 4$ wird praktisch kein Betrachter mehr von einer Blendung sprechen.

Bevorzugterweise ist der Mindestabstand b zwischen benachbarten Leuchtflächen durch die Beziehung definiert

$$b = 2 \cdot a \cdot \tan(y/2),$$

wobei a der Betrachtungsabstand in m und y 10 Winkelminuten ist. Bei dieser Dimensionierung ist sichergestellt, daß benachbarte Leuchtflächen für den Betrachter unterscheidbar sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die optische Einrichtung eine Reflektoranordnung mit einer Vielzahl von verstellbaren Reflektoren auf. Die Anzahl der Reflektoren kann hierbei durchaus mehrere Hundert betragen. Dadurch ist sichergestellt, daß eine Vielzahl von nichtblendenden Leuchtflächen erzeugt werden kann, die dennoch in

der auszuleuchtenden Fläche eine ausreichende Helligkeit hervorrufen. Durch die Verstellbarkeit der Reflektoren ist eine hohe Flexibilität gegeben, so daß die gleiche Reflektoranordnung für eine Vielzahl von Beleuchtungsaufgaben eingesetzt werden kann. Zudem ist die Fertigung der Reflektoranordnung einfacher, da der Abstand benachbarter Leuchtflächen am Ort der Aufstellung eingestellt werden kann. Aufwendige Ausrichtungen einer Vielzahl von Reflektoren während der Fertigung entfallen.

Hierbei ist bevorzugt daß die Reflektoren gruppenweise verstellbar sind. Der Abstand einzelner Leuchtflächen läßt sich bei kleineren Gruppen noch mit vertretbarem Aufwand dadurch einstellen, daß die Reflektoren einer Gruppe eine vorbestimmte Ausrichtung zueinander haben. Durch die gruppenweise Verstellung vereinfacht sich dann der Einstelllaufwand am Aufstellungsort.

Hierbei ist es bevorzugt, daß eine Gruppe von gemeinsam verstellbaren Reflektoren auf einem gemeinsamen Träger angeordnet ist, wobei eine Vielzahl von Trägern in einem Rahmen angeordnet ist und jeder Träger im Rahmen verstellbar ist. Durch die Ausrichtung des Rahmens läßt sich eine Grundeinstellung erreichen, etwa in der Art, daß das Licht aus der Lichtquelle auf die auszuleuchtende Fläche gerichtet wird. Die Einstellung der einzelnen Leuchtflächen erfolgt dann durch die Verstellung der einzelnen Träger im Rahmen, wodurch die einzelnen Gruppen von Reflektoren verstellbar werden.

Dabei ist von Vorteil, daß die Träger im Rahmen in zwei Richtungen verschwenkbar sind. Damit lassen sich die Reflektoren so einstellen, daß die auszuleuchtende Fläche, je nach Wunsch, gleichmäßig oder mit Schwerpunkten ausgeleuchtet werden kann.

Hierbei ist bevorzugt, daß die Schwenkachsen im wesentlichen in der Mitte der Träger verlaufen. Die Reflektoren behalten dadurch auch nach der Verschwenkung im wesentlichen die gleiche Entfernung zur Lichtquelle. Es ist praktisch nicht notwendig, die durch die Neigung verursachten unterschiedlichen Entfernungen einzelner Reflektoren zur Lichtquelle durch andere Maßnahmen zu kompensieren.

Vorteilhafterweise weist ein Träger vier bis acht Reflektoren auf. Eine Gruppe mit vier bis acht Reflektoren läßt sich noch relativ einfach so konstruieren, daß ein Betrachter benachbarte Lichtflächen deutlich unterscheiden kann. Dies ist zwar bei größeren Reflektorgruppen ebenfalls möglich, in jedem Fall aber mit einem höheren Konstruktionsaufwand verbunden.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Reflektoren kalottenförmig ausgebildet. Hierbei nimmt ein Betrachter das virtuelle Spiegelbild der

Lichtquelle auf jeder Kalotte als leuchtende Fläche wahr. Die leuchtende Fläche auf dem Reflektor ist dabei gegenüber der leuchtenden Fläche der Lichtquelle stark verkleinert. Durch diese Maßnahme lassen sich relativ kleine Leuchtflächengrößen und relativ große Leuchtflächenabstände erzielen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Lichtquelle eine Mehrzahl von Strahlern auf. Die Strahler werfen ihr Licht in nur eine Richtung. Wenn diese Richtung nicht auf die auszuleuchtende Fläche zielt, also nicht einen im Betrachtungsabstand befindlichen Betrachter trifft, besteht keine Gefahr einer Blendung durch direkte Strahlung. Die Mehrzahl von Strahlern erzeugt auf der Reflektoranordnung auch eine Mehrzahl von Lichtflächen. Jede Lichtfläche trägt zur Erhöhung der Helligkeit der auszuleuchtenden Fläche bei. Die einzelnen Lichtflächen können aber klein genug gehalten werden, um eine Blendwirkung zu vermeiden.

Dabei ist bevorzugt, daß die Strahler mit Abstand zueinander angeordnet sind. Der Abstand, den die Strahler zueinander aufweisen, findet sich auf der Reflektoranordnung wieder. Die virtuellen Spiegelbilder der einzelnen Strahler haben dann den gewünschten minimalen Abstand voneinander.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist die optische Einrichtung eine Linsenanordnung auf. Die Aufteilung des Lichtstrahls aus der Lichtquelle in mehrere einzelne Lichtflächen läßt sich nicht nur mit Reflektoren erreichen, sondern auch mit einer geeigneten Anordnung von Linsen, die, je nach Bedarf, das Licht streuen oder bündeln.

Hierbei ist bevorzugt, daß die Linsenanordnung Einzellinsen aufweist, deren optische Achsen einzeln oder gruppenweise verstellbar sind. Auch hier läßt sich vorteilhafterweise erreichen, daß man mit einem relativ geringen Entwicklungs- und Fertigungsaufwand eine große Vielzahl von Beleuchtungsaufgaben lösen kann.

Mit Vorteil weist die Lichtquelle eine Leuchtdichte von mehr als 100 000 cd/m² auf. Mit Leuchtdichten, die in dieser Größenordnung beginnen, läßt sich eine relativ große Helligkeit in der auszuleuchtenden Fläche erzielen. Die Leuchtdichte läßt sich praktisch unbegrenzt steigern. Versuche haben ergeben, daß auch bei einer Leuchtdichte von 15 000 000 cd/m² keine nennenswerten oder unangenehme Blendwirkung auftritt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. Darin zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Beleuchtungsanordnung,

Fig. 2 ein Schema zur Erläuterung der Leuchtflächengröße,

Fig. 3 ein Schema zur Erläuterung des

- Leuchtfächenabstandes,
 Fig. 4 eine Reflektoranordnung,
 Fig. 5 einen Ausschnitt aus der Reflektoranordnung nach Fig. 4,
 Fig. 6 einen Schnitt 6-6 nach Fig. 5,
 Fig. 7 einen Schnitt 7-7 nach Fig. 5 und
 Fig. 8 eine weitere Beleuchtungsanordnung.

Eine Beleuchtungsanordnung 1 weist eine Lichtquelle 2 auf, die an einem Mast 3 befestigt ist. Die Lichtquelle 2 weist eine große Anzahl von Strahlern 4 auf, von denen drei Strahler schematisch dargestellt sind. Die Strahler sind dabei auf einer Plattform 5 angeordnet. Die von ihnen erzeugten Lichtstrahlen 6 sind in diesem Fall senkrecht nach oben gerichtet, d.h. in etwa parallel zum Mast. Oberhalb der Plattform 5 ist eine Reflektoranordnung 7 am Mast befestigt. Die Reflektoranordnung ist so groß, daß sie die von der Lichtquelle 2 ausgesandten Lichtstrahlen 6 vollständig auffängt. Allenfalls die Strahler 4 am Rand der Plattform 5 können einen sehr kleinen Teil ihres Lichtstrahls 6 an der Reflektoranordnung 7 vorbeileiten.

Die Reflektoranordnung weist eine Vielzahl von Einzelreflektoren 8 auf, die kalottenförmig ausgebildet sind. Dargestellt sind sechzehn Einzelreflektoren, die in eine Anordnung von vier mal vier angeordnet sind. In Wirklichkeit weist die Reflektoranordnung mehrere hundert, z.B. 400, Einzelreflektoren auf. Durch die Kalottenform des Einzelreflektors wird das virtuelle Spiegelbild der Strahler 4 auf dem Einzelreflektor 8 verkleinert. Ein in einem Betrachtungsabstand a befindlicher Betrachter nimmt das virtuelle Spiegelbild als Leuchtfäche wahr. Da der Betrachter gleichzeitig mehrere Einzelreflektoren 8 sieht, nimmt er eine entsprechende Anzahl von Leuchtfächen 9, 10 wahr. Dies bedeutet aber auch, daß auf den Punkt, an dem sich der Betrachter befindet, eine Vielzahl von Lichtstrahlen gerichtet sind, so daß sich an diesem Punkt bzw. an der auszuleuchtenden Fläche eine ausreichende Helligkeit ergibt.

Die Einzelreflektoren 8 sind so ausgestaltet, daß die Leuchtfächen 9, 10 eine vorbestimmte Größe nicht überschreiten. Jede Leuchtfäche 9, 10 ist hierbei durch ihre Größtabmessung D begrenzt. Die Größtabmessung D ist die größte Ausdehnung der Leuchtfäche. Im einfachsten Fall einer kreisförmigen Leuchtfäche entspricht die Größtabmessung D dem Durchmesser der Leuchtfäche. Die Größtabmessung D wird nun in Abhängigkeit von dem Betrachtungsabstand a durch folgende Beziehung bestimmt:

$$D = 2 \cdot a \cdot \tan(x/2).$$

Hierbei ist a der Betrachtungsabstand in m, x in der Dimension Bogenminuten ergibt sich zu

$$x = (-1/g \cdot \ln(K - B)/(K - 1)) - s.$$

Hierbei sind die Größen g, K und s abhängig von dem in der Lichtquelle 2 verwendeten Leuchtmittel. Allgemein läßt sich sagen, daß

$$\begin{aligned} 0,5 &\leq g \leq 0,9 \\ 6 &\leq K \leq 9 \\ 1 &\leq B \leq 6 \\ 0 &\leq s \leq 0,3. \end{aligned}$$

Der Wert B wird hierbei in Abhängigkeit von dem subjektiven Blendungsempfinden eines Betrachters im Betrachtungsabstand a gewählt. Beispielsweise entspricht der Wert B = 1 einer unmerklichen Blendung, während B = 6 an der oberen Grenze des Erträglichen ist. Die Wahl des Faktors B ist unter anderem abhängig von Anforderungen an die Sicherheit. Für Fälle, in denen ein Lichtempfinden an der oberen Grenze des Zumutbaren zu einer Gefährdung führen würde, muß der Faktor B im Bereich von 1 bis 4 liegen. In anderen Fällen, in denen ein für den Betrachter als ausgesprochen hell empfundenenes Licht noch zulässig ist, das jedoch noch nicht direkt zu einer Blendung führt, kann B durchaus auch den Wert 6 haben. Man wird hier vorsichtshalber aber den Wert B = 5 wählen, wenn damit zu rechnen ist, daß einzelne Betrachter empfindlicher reagieren. Es sei darauf hingewiesen, daß auch bei einem Wert von B = 6 die Blendung für den Betrachter noch nicht unzumutbar ist.

Die Faktoren g, K und s sind abhängig vom verwendeten Leuchtmittel. So wurde zum Beispiel für eine Halogen-Lampe als Leuchtmittel die Werte g = 0,58, K = 8,42 und s = 0,02 ermittelt. Für Natriumdampf-Hochdruck ist der Wert für K kleiner, für s größer. Für Quecksilberdampf-Hochdruck ist der Wert für g größer. Für K liegt er zwischen den Werten für Halogen und Natriumdampf-Hochdruck. Der Wert für s ist kleiner als der Wert für die beiden erstgenannten Leuchtmittel.

Die Leuchtfächengröße ist so gewählt, daß der Betrachter zwar eine Vielzahl von sehr hell leuchtenden Flächen wahrnimmt, diese aber als funkelnd empfindet. Der Reflektor stellt sich beim Betrachten wie ein sehr klarer nächtlicher Himmel dar, auf dem die Sternendichte sehr hoch ist. Die Leuchtfächengröße ist aber nicht das einzige Kriterium für die Blendfreiheit. Der Abstand von benachbarten Leuchtfächen muß auch so gewählt sein, daß das Auge des Betrachters die benachbarten Leuchtfächen noch unterscheiden kann und nicht zu einer einzelnen Leuchtfäche zusammenzieht. Um die Unterscheidbarkeit zu gewährleisten, kann der Betrachtungsabstand beispielsweise nach folgender Beziehung definiert werden:

$$b = 2 \cdot a \cdot \tan(y/2),$$

wobei a der Betrachtungsabstand in m und y größer oder gleich 10 Bogenminuten ist.

Fig. 3 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Ein im Betrachtungsabstand a befindlicher Betrachter, also ein Betrachter, der sich in einer Betrachtungsebene 11 aufhält, kann zwei benachbarte Leuchflächen 9, 10 dann unterscheiden, wenn der Raumwinkel γ größer als 10 Bogenminuten ist.

Aus den Fig. 2 und 3 ist ersichtlich, daß die Leuchflächen 9, 10 umso größer sein können, je größer der Betrachtungsabstand a ist. Andererseits muß aber auch der Abstand b zwischen benachbarten Leuchflächen 9, 10 mit zunehmendem Betrachtungsabstand a immer größer werden.

Die Lichtquelle hat eine Leuchtdichte von mehr als 100 000 cd/m². Die Lichtdichte kann durchaus auch Werte von 15 000 000 cd/m² annehmen. In diesem Fall nimmt der Betrachter zwar sehr hell leuchtende Leuchflächen wahr. Trotz der hohen Lichtintensität dieser Leuchflächen führen die Leuchflächen nicht zu einer Blendung, solange die vorbestimmte maximale Leuchflächengröße nicht über- und der minimale Leuchflächenabstand nicht unterschritten werden.

Auch bei einer indirekten Blendung, etwa bei nassem Fußboden, durch Metall- oder Glasteile oder durch helle Flächen, wie Papier oder Markierungen, kann eine Blendung auftreten. An diesen reflektierenden Flächen kann der Betrachter allenfalls ein Spiegelbild der Reflektoranordnung mit einer Vielzahl von hell leuchtenden Punkten nach der Spiegelung den gleichen, in der Reflektoranordnung erzeugten Abstand voneinander aufweisen, ist hier eine Blendung nicht zu befürchten. Dies macht die Beleuchtungsanordnung für eine Vielzahl von Einsatzzwecken geeignet, beispielsweise auch auf dem Vorfeld von Bahnhöfen, wo aufgrund der metallischen Gleise sonst die Gefahr einer indirekten Blendung durch Reflektion an den Gleisen besteht. Auch ist der Einsatz an großen Freiflächen möglich, die bei Nässe ebenfalls stark spiegeln. Eine indirekte Blendung durch nassen Boden, beispielsweise nassen Asphaltbelag, ist genauso wenig möglich wie eine direkte Blendung durch Betrachtung der Reflektoranordnung 7. Die Größe der Leuchflächen 9, 10 läßt sich einerseits durch die Kalottenform, andererseits aber auch durch die Entfernung der Strahler 4 von der Reflektoranordnung 7 beeinflussen. Je weiter die Strahler 4 von der Reflektoranordnung 7 entfernt sind, desto kleiner werden die virtuellen Spiegelbilder der Strahler 4 auf den Einzelreflektoren 8. Ein begrenzender Faktor hierbei ist, daß die Strahler nicht so tief angeordnet werden dürfen, daß ein Betrachter versehentlich direkt in sie hineinblicken kann. Eine

Blendungswirkung kann hierbei jedoch durch geeignete Abschirmmaßnahmen bzw. durch ein weitgehend paralleles Ausrichten der Lichtstrahlen 6 von den Strahlen 4 vermieden werden. Auf diese Art und Weise ist es möglich, hohe Leuchtdichten zu erzielen, ohne hohe Masten zur Beleuchtung der auszuleuchtenden Fläche verwenden zu müssen. Hohe Masten sind in einigen Bereichen, beispielsweise in Gebäuden oder in Tunneln oder auch auf dem Vorfeld eines Flughafens, nicht verwendbar.

Fig. 4 zeigt eine Reflektoranordnung 7 mit 64 Einzelreflektoren 8. Auch diese Darstellung ist lediglich schematisch. Wie oben ausgeführt, hat die Reflektoranordnung 7 mehrere hundert Einzelreflektoren 8. Die Einzelreflektoren 8 sind in Gruppen zu vier Einzelreflektoren zusammengefaßt. Jede Gruppe ist auf einem Träger 12 angeordnet. Die Träger 12 wiederum sind in einem Rahmen 13 angeordnet, der am Mast 3 befestigt ist.

Jeder Träger 12 ist in einem Hilfsrahmen mit Hilfe von Drehzapfen drehbar gelagert. Die Drehzapfen 15 sind dabei im wesentlichen in der Mitte des Trägers angeordnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist jeder Träger 12 um eine vertikale Achse gegenüber dem Hilfsrahmen 14 verschwenkbar. Der Hilfsrahmen 14 weist horizontal angeordnete Drehzapfen 16 auf, um die Hilfsrahmen 14 im Rahmen 13 verschwenkbar ist. Die Drehzapfen 16 bilden eine Achse, die ebenfalls im wesentlichen in der Mitte des Trägers 12 verläuft und die durch die Drehzapfen 15 gebildete Achse unter einem Winkel von etwa 90° schneidet. Der Träger 12 ist also gegenüber dem Rahmen 13 in zwei verschiedene Richtungen verschwenkbar. Dadurch, daß die Schwenkachsen etwa in der Mitte des Trägers verlaufen, ändert sich bei einem Verschwenken des Trägers 12 die Entfernung gegenüber der Lichtquelle 2 nur unwesentlich. Die Entfernungsänderung ist so gering, daß Maßnahmen zur Kompensierung eines dadurch möglichen Fehlers praktisch unterbleiben können.

Die Einzelreflektoren 8 auf einem Träger 12 können identisch ausgebildet sein. Ebenso können alle Träger die gleichen Reflektoren aufweisen. Bei der Fertigung muß lediglich darauf geachtet werden, daß die vier virtuellen Spiegelbilder der Lichtquelle 2, d.h. die auf den vier Einzelreflektoren 8 entstehenden vier Leuchflächen, die maximale Größe nicht über- und den minimalen Abstand nicht unterschreiten. Die weitere Einstellung, d.h. das Ausrichten der anderen Reflektoren 8, die nicht auf dem gleichen Träger 12 angeordnet sind, kann erfolgen, sobald die Reflektoranordnung 7 auf dem Mast installiert ist. Beispielsweise kann die Reflektoranordnung 7 dann so ausgerichtet sein, daß ein an einem Punkt befindlicher Betrachter Leuchflächen 9, 10 nur auf jedem zweiten oder dritten Träger 12 wahrnehmen kann.

Die Beleuchtungsanordnung läßt sich aber nicht nur mit Hilfe von Reflektoren als optische Einrichtung realisieren, die das Licht zurückwerfen, sondern auch mit einer Linsenanordnung, die das Licht einer Lichtquelle 102 durchlassen und dabei streuen. Eine derartige Anordnung ist schematisch in Fig. 8 dargestellt. Die Lichtquelle 102 leuchtet auf eine erste Linse 40, die das empfangene Licht streut und an Linsen 41, 42, 43 einer zweiten Linsenebene weiterleitet. Die Linsen 41 bis 43 der zweiten Linsenebene streuen das empfangene Licht wiederum und leiten es an Linsen 44, 45, 46, 47 einer dritten Linsenebene weiter. Der Übersicht halber sind die Linsen 40 bis 47 jeweils nur durch einen einzelnen Lichtstrahl miteinander verbunden. In Wirklichkeit handelt es sich natürlich nicht um einen punktförmigen Strahl, sondern um einen Strahl mit einer endlichen räumlichen Ausdehnung. Die Form der Linsen 40 bis 47 kann sich der Fachmann leicht selbst ermitteln, wenn er berücksichtigt, daß am Ausgang der Linsen 44 bis 47 nur solche Leuchtf lächen entstehen dürfen, die eine vorbestimmte Größe nicht überschreiten, dafür aber einen vorbestimmten Mindestabstand voneinander einhalten. Auch können weitere Linsenebenen verwendet werden.

Um die Einstellbarkeit zu vereinfachen, kann vorgesehen sein, daß die optischen Achsen der Linsen einzeln oder gruppenweise verstellbar sind. Beispielsweise können die Linsen 44, 45 bzw. 46 und 47 gemeinsam verstellt werden. Eine derartige Anordnung mit Streu- und/oder Sammellinsen bietet sich immer dann an, wenn die Lichtquelle bei einer Reflektoranordnung in einem Bereich angeordnet sein müßte, der von den Betrachtern benötigt wird. In diesem Fall kann die Lichtquelle 102 oberhalb der Linsenanordnung 40 bis 47 angeordnet sein. Eine Gefährdung des durch eine sehr heiße oder direkt blendende Lichtquelle im Gefahrenbereich entfällt.

Patentansprüche

1. Beleuchtungsanordnung mit einer optischen Einrichtung, die Licht von einer Lichtquelle in eine Vielzahl von Teilstrahlen zerlegt und diese auf eine auszuleuchtende Fläche richtet, wobei auf jede Teilfläche der Fläche mehrere Teilstrahlen gerichtet sind und am Ausgang der optischen Einrichtung einzelne Leuchtf lächen wahrnehmbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Leuchtf lächen (9, 10) eine von einem Betrachtungsabstand (a) abhängige Maximalgröße (D) nicht überschreiten und benachbarte Leuchtf lächen (9, 10) einen vorbestimmten Mindestabstand (b) zueinander aufweisen, so daß sie im Betrachtungsabstand (a) unterscheidbar sind.
2. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Maximalgröße (D) der Leuchtf lächen (9, 10) in Abhängigkeit von einem in der Lichtquelle (2, 102) verwendeten Leuchtmittel gewählt ist.
3. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jede Leuchtf läche eine Größtabmessung (D) aufweist, die durch folgende Beziehung definiert ist:

$$D = 2 \cdot a \cdot \tan(x/2),$$
 wobei a der Betrachtungsabstand in m und

$$x = (-1/g \cdot \ln((K - B) / (K - 1))) - s$$
 ist, wobei x in Bogenminuten angegeben wird und

$$0,5 \leq g \leq 0,9$$

$$6 \leq K \leq 9$$

$$1 \leq B \leq 6$$

$$0 \leq s \leq 0,3.$$
4. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß B in Abhängigkeit von dem im Betrachtungsabstand (a) zumutbaren Blendungsempfinden gewählt ist.
5. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß $B \leq 5$, insbesondere $B \leq 4$ ist.
6. Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Mindestabstand (b) zwischen benachbarten Leuchtf lächen (9, 10) durch die Beziehung definiert ist:

$$b = 2 \cdot a \cdot \tan(y/2),$$
 wobei a der Betrachtungsabstand in m und $y \geq 10$ Bogenminuten ist.
7. Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung eine Reflektoranordnung (7) mit einer Vielzahl von verstellbaren Reflektoren (8) aufweist.
8. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektoren (8) gruppenweise verstellbar sind.
9. Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gruppe von gemeinsam verstellbaren Reflektoren (8) auf

einem gemeinsamen Träger (12) angeordnet sind, wobei eine Vielzahl von Trägern (12) in einem Rahmen (13) angeordnet ist und jeder Träger (12) im Rahmen (13) verstellbar ist.

5

- 10.** Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Träger (12) im Rahmen (13) in zwei Richtungen verschwenkbar sind.

10

- 11.** Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkachsen (15, 16) im wesentlichen in der Mitte der Träger (12) verlaufen.

15

- 12.** Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Träger (12) vier bis acht Reflektoren (8) aufweist.

20

- 13.** Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektoren (8) kalottenförmig ausgebildet sind.

25

- 14.** Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (2) eine Mehrzahl von Strahlern (4) aufweist.

30

- 15.** Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahler (4) mit Abstand zueinander angeordnet sind.

35

- 16.** Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Einrichtung eine Linsenanordnung (40-47) aufweist.

40

- 17.** Beleuchtungsanordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung Einzellinsen (40-47) aufweist, deren optische Achsen einzeln oder gruppenweise verstellbar sind.

45

- 18.** Beleuchtungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (2, 102) eine Leuchtdichte von mehr als 100 000 cd/m² aufweist.

50

55

Fig.1

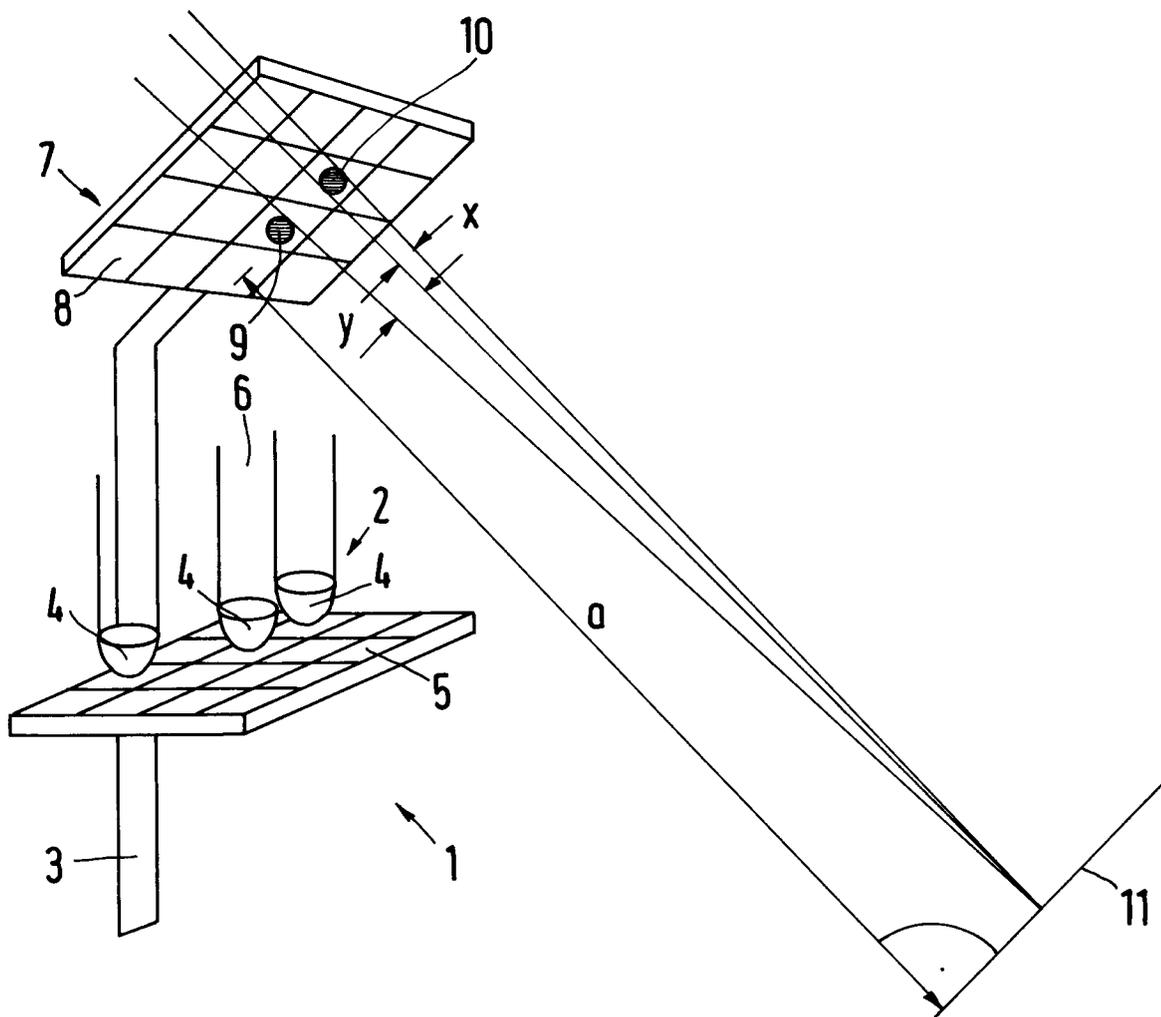


Fig.2

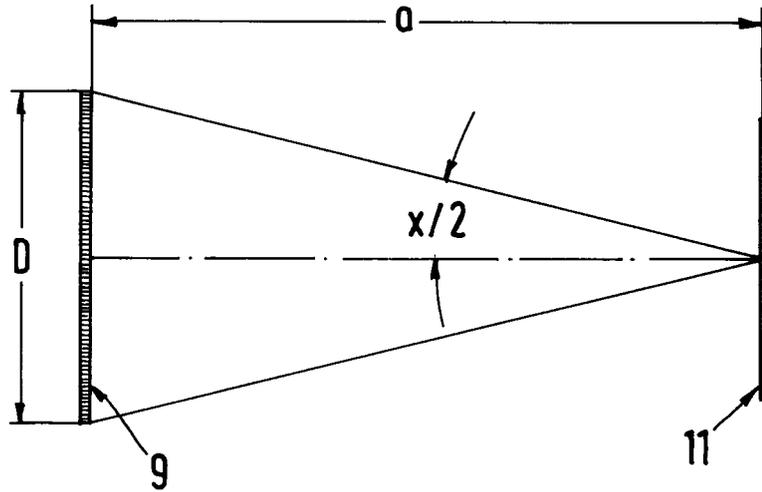
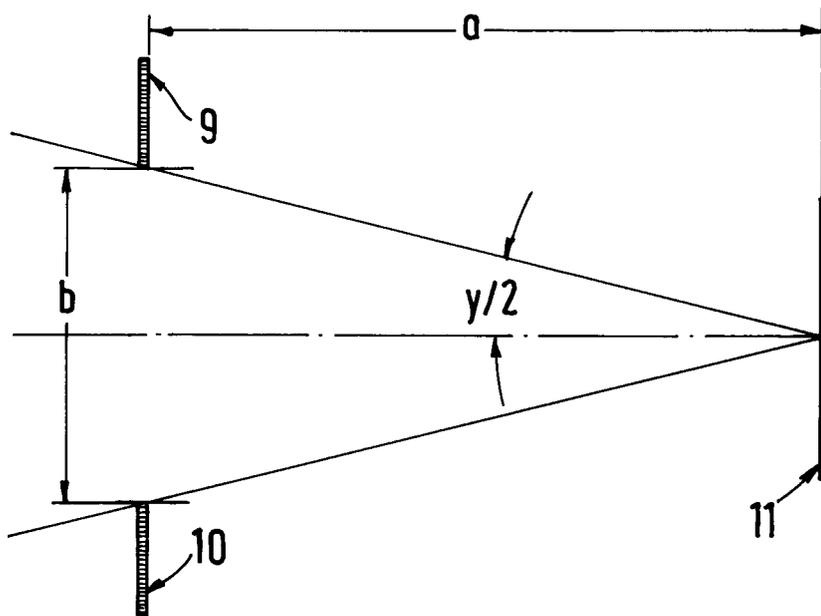


Fig.3



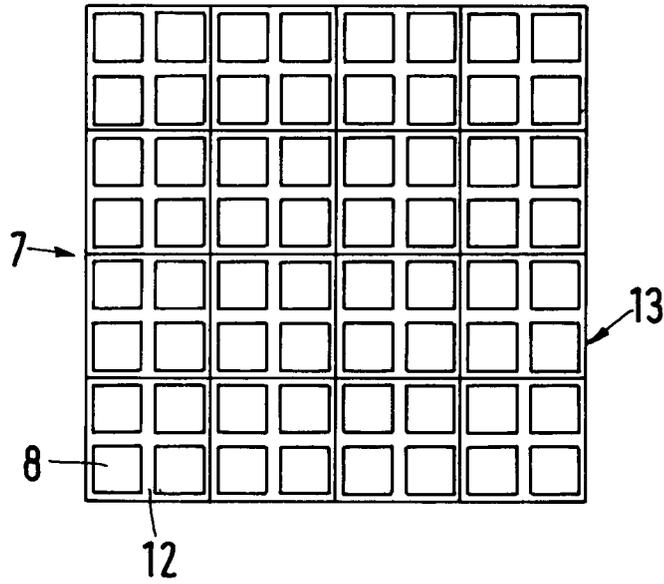


Fig.4

Fig.5

Fig.6

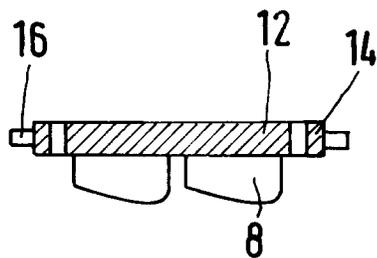
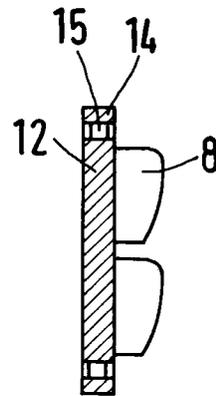
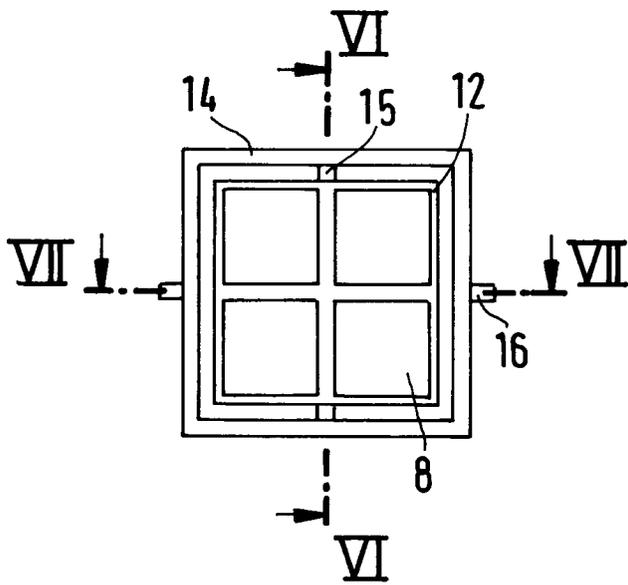


Fig.7

Fig.8

