



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 681 394 A5

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>: G 02 B 26/02

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 4003/90

⑫② Anmeldungsdatum: 18.12.1990

⑫④ Patent erteilt: 15.03.1993

⑫⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.03.1993

⑦③ Inhaber:  
Volpi AG, Schlieren

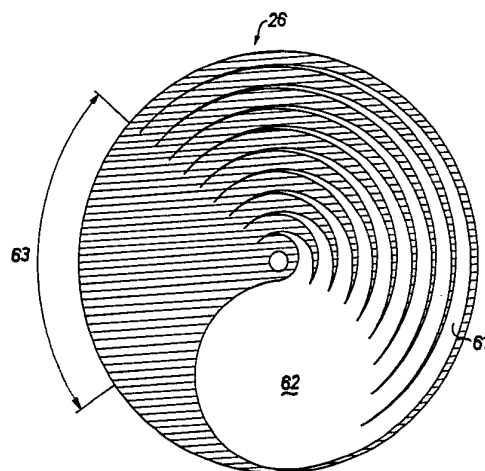
⑦② Erfinder:  
Frischknecht, Albert, Dr. phil. II Phys., Schlieren

⑦④ Vertreter:  
Ritscher & Seifert, Zürich

⑤④ **Leuchtdichte-Regelung.**

⑤⑦ Bekannte Verfahren und Vorrichtungen zur Regelung der Leuchtdichte einer beleuchtbaren Fläche erzeugen entweder Änderungen der Farbtemperatur oder lokale Schwankungen der Beleuchtungsstärke. Das vorliegende Verfahren variiert den Lichtstrom durch Erzeugen von gleichmässig verteilten Abschattungen. Damit wird sowohl eine gleichmässige Verteilung der Beleuchtungsstärke als auch eine gleichmässige Winkelverteilung der Lichtstärke erzielt.

Eine besonders geeignete Blende besteht aus einer Blendenscheibe mit mehreren parallel zueinanderliegenden sichelförmigen Blendenöffnungen.



## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Variation der Leuchtdichte einer beleuchteten Bildfläche, welche Variation mit einer Blendenanordnung, die auf ein auf diese Bildfläche gerichtetes Lichtbündel wirkt, erzeugt wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Solche Verfahren und Vorrichtungen finden in vielen optischen Geräten ihre Verwendung und haben ihre ganz besondere Bedeutung in der Beleuchtungstechnik. Insbesondere werden in der Medizin und für die technische Inspektion von Hohlräumen solche Beleuchtungsvorrichtungen eingesetzt, mittels welchen die notwendigen Untersuchungen und Manipulationen auch ohne direkten Sichtkontakt ausgeführt werden können, beispielsweise zusammen mit technischen oder medizinischen Endoskopen. Vorzugsweise enthalten solche Beleuchtungsvorrichtungen zusätzlich ein Wärmeschutzfilter, das zwischen der Lichtquelle und dem Eingang der Faseroptik angeordnet ist, um den Eintritt von Wärmestrahlung in die Faseroptik zu vermeiden. Solche Beleuchtungsvorrichtungen werden darum auch als Kaltlichtquellen bezeichnet.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Ausleuchtung eines Hohlkörpers durch Variation der Leuchtdichte am Ausgang der Faseroptik zu beeinflussen. Beispielsweise können durch Ändern der Speisespannung oder des Phasenanschnitts der Speisespannung der Lichtstrom oder die Lichtstärke der Lichtquelle gesteuert werden. Dabei wird aber auch die Farbtemperatur der Lichtquelle und folglich auch die Farbe des beleuchteten Objekts verändert, was besonders nachteilig ist, wenn das Bild des Spiegelinstruments fotografiert oder mit einer Fernsehkamera aufgenommen werden soll. Weiter ist es möglich, zwischen der Lichtquelle und dem Eingang der Faseroptik einen verschiebbaren Graukeil anzuordnen. Der Bereich, in dem die Lichtintensität mit einem Graukeil geändert werden kann, ist jedoch begrenzt und ermöglicht insbesondere nicht den unbehinderten Durchtritt des Lichts und damit die maximale Ausleuchtung des Hohlraums. Auch die Verwendung der bekannten mechanischen Blenden ist mit Nachteilen verbunden. Eine Irisblende ändert den Durchmesser des Lichtbündels und damit den Lichteintritts- und den Lichtaustrittswinkel in bzw. aus der Faseroptik, und bei einer Sektoren- oder Fächerblende verbleibt auch bei voller Öffnung ein Sektor im Lichtbündel und verhindert, ähnlich wie der Graukeil, die maximalmögliche Ausleuchtung des Hohlraums.

Die konventionellen Sichel- bzw. Spaltblenden ermöglichen ebenfalls die Steuerung des Lichtstromes einer faseroptischen Lichtquelle bei konstanter Farbtemperatur. Dabei ist im Gegensatz zu Loch- bzw. Irisblenden die Winkelverteilung des Lichtes am Lichtleiteraustritt bedeutend weniger von der Blendenstellung abhängig, so dass für visuelle Anwendungen die Konstanz der Beleuchtungsstärkeverteilung auf dem Objekt vollauf genügt.

Im Bereich der Messtechnik und der Bildverarbeitung, welche sehr empfindlich auf Homogenitäts-

schwankungen sind, kann auch die Anwendung der Sichelblende problematisch werden. Insbesondere bei der Verwendung von einfachen Lichtleitern.

Beispielsweise ist eine Kaltlichtquelle und ein Verfahren zur Helligkeitsregelung in der DE-A 3 339 522 beschrieben. Das in dieser Schrift beschriebene Verfahren verwendet ein Regelglied zur Regelung der Lichtleistung sowie eine Impulsbreiten-Steuerungsschaltung zur Stabilisierung der Lichtquelle und kann nicht verhindern, dass sich beim Regeln der Lichtstärke die Farbtemperatur empfindlich ändert.

In der US-A 4 233 650 wird eine Blendenanordnung aus drei Ringen offenbart, mit welcher das Lichtbündel sektorweise abgedeckt werden kann. Damit kann die Lichtstärke kontinuierlich geregelt werden, ohne dass dabei die Farbtemperatur verändert wird. Mit dieser Blendenanordnung wird jedoch die räumliche Winkelverteilung des Lichtbündels und damit auch die räumliche Winkelverteilung der Leuchtdichte des beleuchteten Objekts asymmetrisch, was insbesondere bei einer elektronischen Bildauswertung zu Inhomogenitäten der Helligkeit im Beobachtungsfeld führt, da diese Winkelverteilung, bis auf schwache Verschmierungen und Beschneidungen durch die Totalreflexionsbedingung, der mittleren polaren Winkelverteilung entspricht, welche dem Lichtleiter vom Projektionssystem, d.h. Lampe, Kondensor, Blende, auf der Eintrittsseite angeboten wird.

Eine Veränderung der Winkelverteilung auf der Eintrittsseite des Lichtleiters hat unmittelbar eine Veränderung der Verteilung der Beleuchtungsstärke auf das Objekt zur Folge.

Beim Abblenden mit Sichel- bzw. Spaltblenden am Lichtleitereintritt werden die Randwinkel des Lichtbündels in einer Dimension beschnitten und damit die Qualität der Beleuchtungsverteilung geändert.

In der EP-A 66 901 wird vorgeschlagen, zwischen Blendenanordnung und dem zu beleuchtenden Objekt ein faseroptisches Element, insbesondere ein Lichtfaserbündel, einzusetzen, welches die Helligkeitsunterschiede auf der Eintrittsfläche ausmittelt, indem durch die Verwendung von Fasern mit einem dünnen Fasermantel das Licht in den einzelnen Fasern untereinander gemischt wird und dadurch zu einer gleichmässigen Helligkeitsverteilung auf der Austrittsfläche führt. Mit dieser Massnahme kann die Beleuchtungsstärke erfolgreich homogenisiert werden, jedoch müssen wegen der Verwendung von dünnmanteligen Fasern Lichtverluste in Kauf genommen werden und die Winkelverteilung des Lichts kann auf der Eintrittsfläche nicht wesentlich geändert werden.

Es ist deshalb Ziel der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur kontinuierlichen Variation der Leuchtdichte einer Bildfläche zu schaffen, welche die Nachteile der bekannten Verfahren und Vorrichtungen nicht aufweist und insbesondere eine über die gesamte Bildfläche gleichmässige Verteilung der Leuchtdichte erzeugt.

Insbesondere soll bei voller Öffnung der Lichtfluss von der Lichtquelle nicht behindert und beim Ändern der Beleuchtung weder die Farbtemperatur

der Lichtquelle noch die räumliche Winkelverteilung des in die Faseroptik ein- oder austretenden Lichtbündels geändert werden und sollen die Lichtverluste auf ein Minimum reduziert werden.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe mit einer Beleuchtungsvorrichtung der eingangs definierten Art gelöst, die durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils der Ansprüche 1 und 5 gekennzeichnet ist. Weitere Merkmale ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das neue Beleuchtungsverfahren ermöglicht, das auf die Eintrittsfläche der Faseroptik fallende Licht stetig zu verändern, ohne die Farbtemperatur oder den Lichteintrittswinkel zu beeinflussen und ohne den maximalmöglichen Lichtfluss zu behindern. Hierbei erfolgt die Abdeckung des Lichtbündels nicht mehr mit einem Spalt, d.h. Keil oder Sichel, sondern durch mehrere Spalten gleichzeitig. Dadurch werden auch bei teilweise geschlossener Blende noch Lichtstrahlen mit grossem Winkel senkrecht zur Blende durchgelassen.

Entscheidend für die Wirksamkeit dieses Verfahrens sind die Winkel, unter welchen die Abstände der einzelnen spaltförmigen Blendenöffnungen für den Lichtleiter erscheinen. Durch die Verwendung einer Faseroptik mit lichtmischenden Fasern kann die Leuchtdichte der Austrittsfläche der Faseroptik homogenisiert werden.

Ein weiterer Vorteil dieser Neuentwicklung ist, dass die Abdunklung in Abhängigkeit der Blendenstellung bedeutend besser vorgegeben werden kann, da der Lichtstrom im Strahlenbündel lokal gesteuert wird und damit inhomogene Lichtstromverteilungen am Ort der Blende keine Gewichtung der Blendenstruktur verursachen können, d.h. beim Abblenden zu keinen lokalen Helligkeitsverschiebungen führen können.

In der bevorzugten Ausführungsform ist die Blendenanordnung auf einer drehbaren Scheibe angeordnet, welche mehrere parallel zueinander verlaufende Sichelöffnungen aufweist, welche in eine für das gesamte Lichtbündel offene Blendenöffnung münden.

Nachfolgend soll das Verfahren und eine besondere Ausführungsform für die Blendenanordnung mit Hilfe der Figuren beschrieben werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Aufsicht auf eine Beleuchtungsvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens,

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur konventionellen Variation der Beleuchtungsstärke eines Lichtbündels,

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur erfindungsgemässen Variation der Beleuchtungsstärke eines Lichtbündels,

Fig. 4 eine bevorzugte Ausführungsform einer Blende zur erfindungsgemässen Blendenanordnung,

Fig. 5 ein Diagramm der Helligkeitsverteilung mit einer konventionellen Sichelblende,

Fig. 6 ein Diagramm der Helligkeitsverteilung mit einer erfindungsgemässen Doppelsichelblende,

Fig. 7 ein Diagramm der Helligkeitsverteilung mit

einer erfindungsgemässen fünffachen Sichelblende.

In Fig. 1 ist schematisch die Aufsicht auf eine Beleuchtungsvorrichtung gezeigt, deren Abdeckung abgenommen ist. Die Vorrichtung enthält ein Gehäuse 1, das mittels einer Trennwand 11 in zwei Kammern 12, 13 unterteilt ist. In der ersten Kammer 12 und der Mitte der Trennwand benachbart, ist eine Lichtquelle 16 angeordnet. Diese Lichtquelle enthält einen Glaskolben 17 mit einem Glühbündel und einen Kaltlichtspiegel 18, der für Wärmestrahlung durchlässig ist. Der Sockel der Lichtquelle ist in eine Öffnung 19 in der Trennwand eingesetzt. Der Durchmesser dieser Öffnung ist wesentlich grösser als der Durchmesser des Lampensockels, um das Durchströmen von Kühlluft zu ermöglichen.

In der Vorderwand 20 des Gehäuses und praktisch der Lampe gegenüberliegend ist ein Anschlussstück 21 für eine Faseroptik 22 befestigt. Die Faseroptik kann in das Anschlussstück eingeschraubt, eingesteckt oder mit einem Bajonettverschluss gehalten werden. Die Innenseite der Vorderwand und der Eintrittsfläche 23 der Faseroptik benachbart, ist ein zur Führung von Kühlluft vorgesehenes Kühlelement 24 angeordnet. Weiter ist vor der Eintrittsfläche der Faseroptik ein Interferenzfilter 25 eingebaut, mit einer der Lichtquelle zugewandten und IR-Strahlung reflektierenden Beschichtung. Der Kaltlichtspiegel 18 an der Lichtquelle 16 und das Interferenzfilter 25 vermindern den Anteil der IR-Strahlung in dem auf die Faseroptik auftreffenden und von dieser weitergeleiteten Licht. Damit soll insbesondere eine Erwärmung der Faseroptik vermieden werden, weil bei länger einwirkender Wärme das zwischen den einzelnen Fasern befindliche Klebmittel erweichen und die Faseroptik nachteilig beeinflusst oder gar zerstört werden kann.

Im Weg des Lichtbündels entlang der Bündelachse 35 ist zwischen der Lichtquelle 16 und dem Interferenzfilter 24 eine erfindungsgemässe Blende 26 eingebaut. Die Blende ist als kreisförmige Scheibe ausgebildet und auf einer Drehachse 27 befestigt. Die Drehachse ist durch eine Führungsöffnung 28 in der Vorderwand des Gehäuses geführt und an ihrem freien Ende ist ein zum manuellen Betätigen vorgesehener Drehkopf 29 befestigt.

Die schematische Darstellung in Fig. 2 zeigt ein Lichtbündel 50, welches von der Lichtquelle 16 und insbesondere von der Lampe 17 und dem Spiegel 18 erzeugt wird und auf die Bildfläche resp. Eintrittsfläche 23 der Faseroptik gerichtet ist. Deutlich erkennbar sind die durch eine konventionelle Blende 26 erzeugten Abschattungen 52, welche den Einfallswinkelbereich stark reduzieren. Für einen beliebigen Punkt P auf der Bildfläche 23 wird der Winkelbereich des auftreffenden Lichtbündels stark eingeeengt.

Demgegenüber bleibt der Winkelbereich des auf diesen Punkt P auftreffenden Lichts beim erfindungsgemässen Verfahren im wesentlichen erhalten, wie aus der Fig. 3 deutlich zu ersehen ist. Die in dieser Ausführungsform dargestellten Abschattungen 53 sind über den gesamten Winkelbereich des

Lichtbündels gleichmässig verteilt und erzeugen eine entsprechend gleichmässig verteilte Beleuchtungsstärke. Da erfindungsgemäss die Blendenanordnung in einem Abstand von der Bildfläche 23 angeordnet ist, bei welchem jeder beliebige Punkt P auf dieser Bildfläche 23 aus jeder Blendenöffnung Licht des von jedem der von der Blendenanordnung 26 erzeugten Teillichtbündel 55 empfangen kann, ist auch die Helligkeit auf der gesamten Bildfläche 23 gleichmässig verteilt.

Weitere Inhomogenitäten des Lichtstroms werden durch die Verwendung eines lichtmischenden faseroptischen Bündels ausgeglichen.

Fig. 4 zeigt eine bevorzugte Blende 26 mit neun sichelförmigen Blendenöffnungen 61. Diese Blende 26 weist eine erste Zone 62 auf, durch welche das Lichtbündel 50 ungehindert hindurchtreten kann. Eine zweite Zone 63 ist gross genug, um dem Lichtstrom des gesamten Lichtbündels 50 vollständig zu unterbrechen. Die sichelförmigen Blendenöffnungen 61 verzünden sich zu dieser zweiten Zone 63 hin und erlauben durch einfache Drehung der Blendscheibe 26 eine kontinuierliche Variation des Lichtstroms.

Die Wirksamkeit dieser bevorzugten Blende ist in den Fig. 5, 6 und 7 deutlich gemacht. In allen drei Diagrammen werden 80% des Lichtes eines vorgegebenen Lichtbündels abgeschattet. Die Werte für die Helligkeit der Bildfläche längs einer Schnittachse sind als Wertekurven dargestellt. Zur Verdeutlichung dieser Wertekurven ist deren dazugehörige zweidimensionale Verteilung daneben als Aufsicht veranschaulicht, wobei die Schwärzung den Helligkeitswerten des Diagramms entspricht. In Fig. 5 ist die ungleichmässige Helligkeitsverteilung, wie sie von einer konventionellen Sichelblende erzeugt wird, deutlich zu erkennen. Ebenso kann in Fig. 6 noch eine Ringstruktur erkannt werden, wie sie von einer erfindungsgemässen zweifachen Sichelblende erzeugt wird. Trotz dieser erkennbaren Ringstruktur ist die Ausleuchtung bereits viel gleichmässiger über die gesamte Bildfläche verteilt als im vorhergehenden Fall. Keine erkennbaren Strukturen sind in der Fig. 7 zu erkennen, welche die Helligkeitsverteilung einer erfindungsgemässen Blende mit fünf sichelförmigen Blendenöffnungen zeigt.

Es versteht sich, dass in Weiterbildungen der obigen Erfindung die Geometrie der einzelnen Blendenöffnungen 61 den gewünschten Erfordernissen entspricht und insbesondere linear oder logarithmisch verlaufende, keil- oder sichelförmige Blendenöffnungen verwendet werden. Ebenso können je nach Anwendungsgebiet mehrere solche Blenden hintereinander angeordnet sein, um in geeigneter Weise zusammenzuwirken.

Das vorliegende Verfahren und die dazugehörige besondere Blendenanordnung findet seine Verwendung insbesondere in der Beleuchtungstechnik und für die Licht-Intensitätsregelung in faseroptischen Beleuchtungseinrichtungen, wie sie beispielsweise in der CH-PS 677 696 beschrieben sind.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen Variation der Leuchtdichte einer beleuchteten Bildfläche, welche Variation mit einer Blendenanordnung, die auf ein auf diese Bildfläche gerichtetes Lichtbündel wirkt, erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur gleichmässigen Verteilung der Beleuchtungsstärke über die gesamte Bildfläche diese Blendenanordnung bei abgeschwächter Beleuchtungsstärkeeinstellung den aus mehreren Teillichtbündeln bestehenden Lichtstrom in jedem von diesen Teillichtbündeln mindestens teilweise unterbricht und dass für eine gleichmässige Winkelverteilung der Lichtstärke möglichst viele räumlich gleichmässig verteilte Abschattungen erzeugt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Punkt auf der Bildfläche, bei jeder beliebigen Beleuchtungsstärkeeinstellung der Blendenanordnung, Licht von jedem von der Blendenanordnung erzeugten Lichtstromteil empfängt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Homogenisierung der Leuchtdichte das Licht durch ein lichtmischendes faseroptisches Bündel geführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenanordnung in Abhängigkeit der Leuchtdichte des beleuchteten Objektes geregelt wird.

5. Optische Blendenanordnung zur Durchführung des Verfahrens zur kontinuierlichen Variation der Leuchtdichte einer beleuchteten Bildfläche gemäss Anspruch 1, aus mindestens einer Blende, mit einer ersten Zone, welche eine Blendenöffnung aufweist, die mindestens so gross ist wie ein an der Stelle der Blende vorgegebener Querschnitt des Lichtbündels, einer zweiten Zone, welche keine Blendenöffnung aufweist und welche mindestens diesen Querschnitt des Lichtbündels vollständig überdeckt, und mit einer zwischen der ersten und der zweiten Zone liegenden dritten Zone, welche mindestens eine sich zwischen diesen Zonen erstreckende und diesen Querschnitt des Lichtbündels beschneidende spaltförmige Blendenöffnung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass für eine gleichmässige Winkelverteilung der Lichtstärke in diesem Lichtbündel die dritte Zone mehrere parallel zueinander verlaufende und gleichmässig über den gesamten Querschnitt des Lichtbündels verteilte spaltförmige Blendenöffnungen aufweist, welche sich in Richtung zu der zweiten Zone verzünden und zur Blendenöffnung der ersten Zone hin offen sind.

6. Blendenanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei Blenden hintereinander angeordnet sind und sich deren spaltförmige Blendenöffnungen in geeigneter Weise überlappen.

7. Blendenanordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Blendenöffnungen sichelförmig auf einer drehbaren Blendscheibe angeordnet sind.

8. Blende gemäss Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Blende zur Regelung der Lichtstärke mit einem Antrieb verbunden ist.

9. Gemäss Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb mit einer Vorrich-

tung zur automatischen Regelung der Leuchtdichte eines beleuchteten Objekts verbunden ist.

10. Anwendung des Verfahrens zur kontinuierlichen Variation der Leuchtdichte gemäss Anspruch 1 in einer Beleuchtungsvorrichtung, insbesondere einer faseroptischen Lichtquelle.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

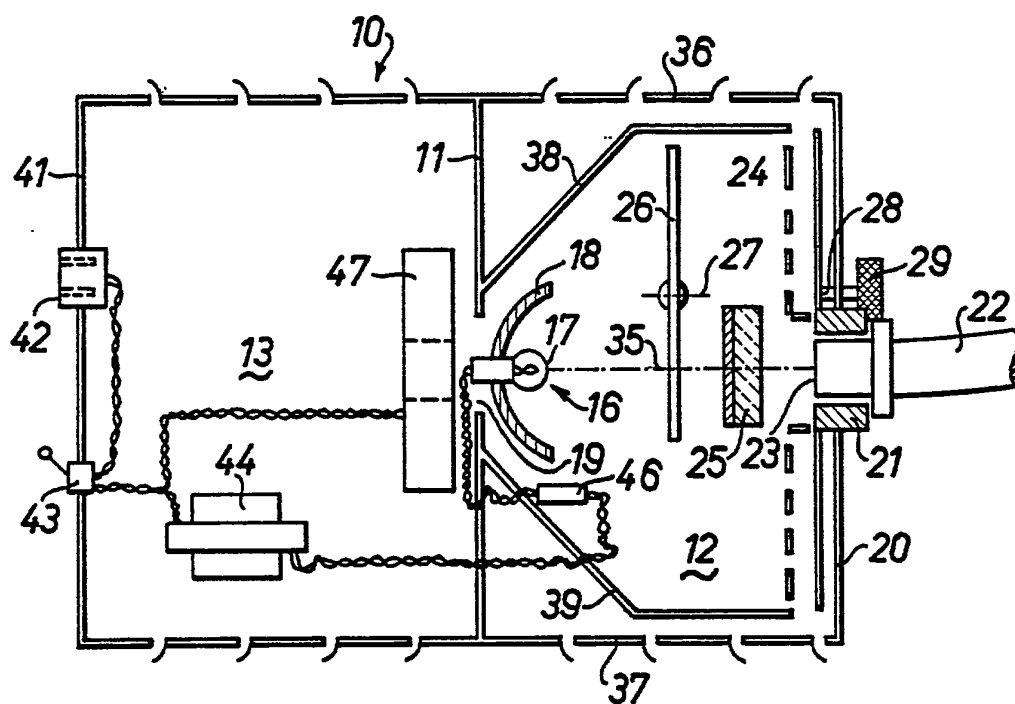
50

55

60

65

5



*Fig. 1*

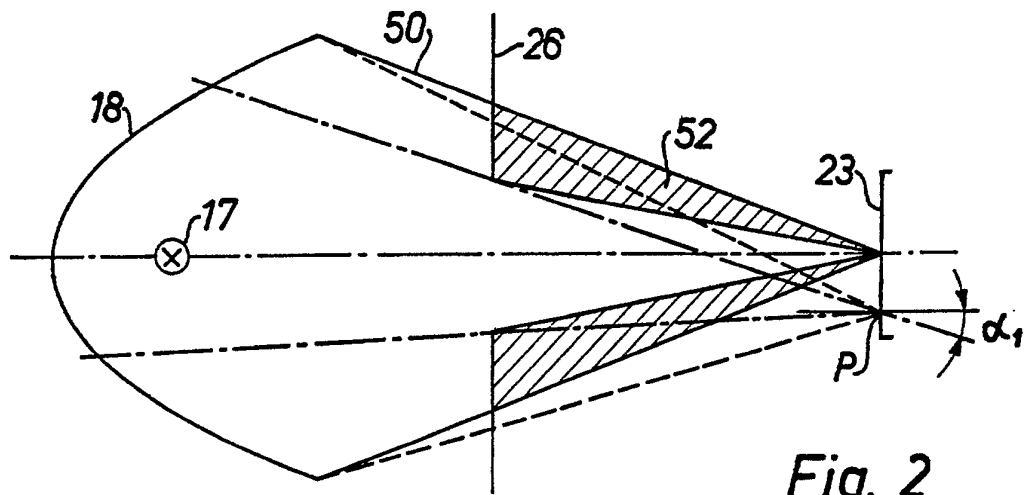


Fig. 2

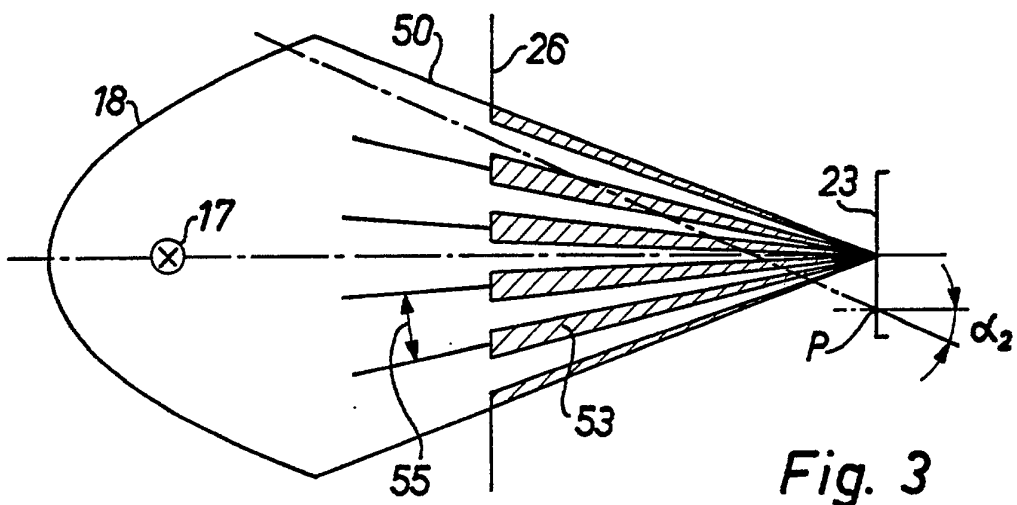
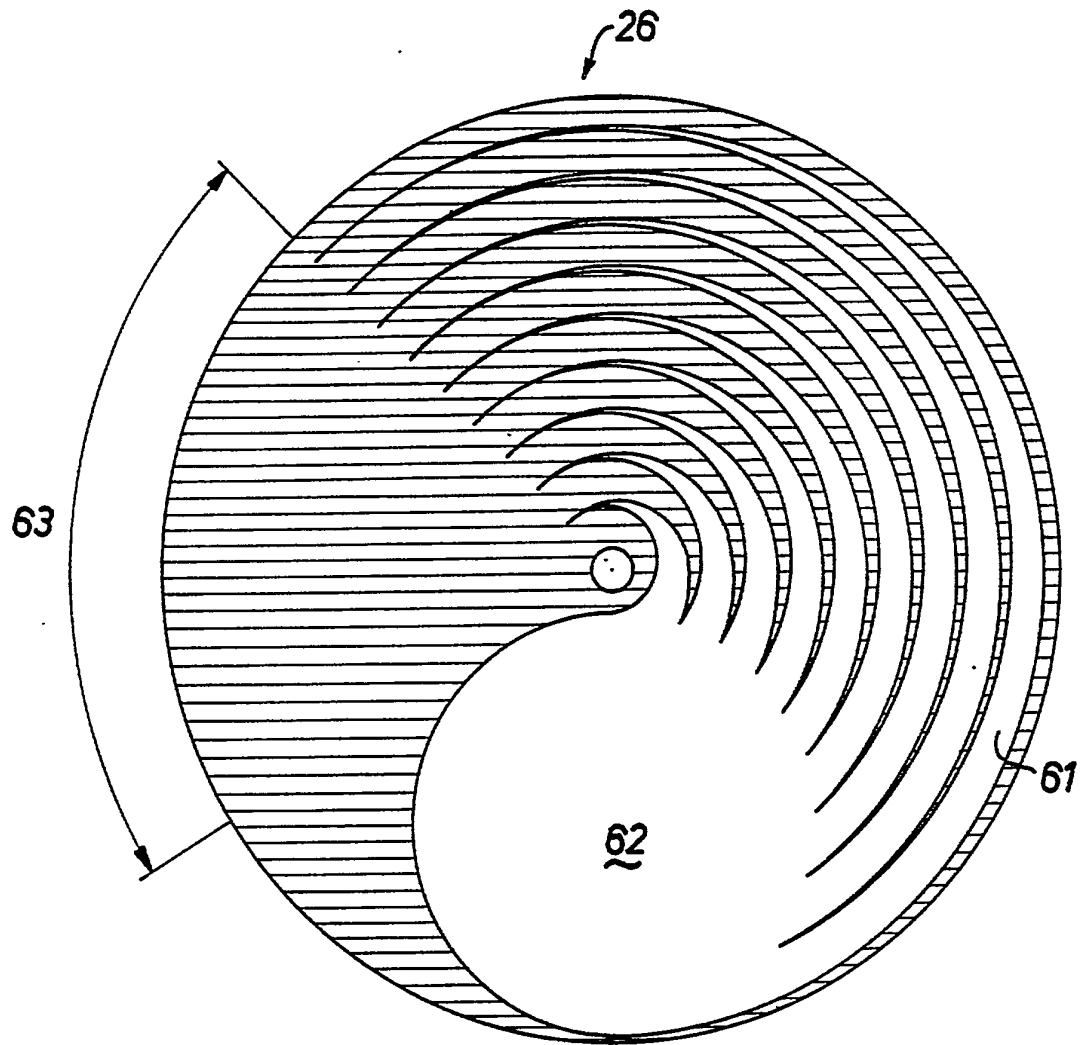


Fig. 3



*Fig. 4*



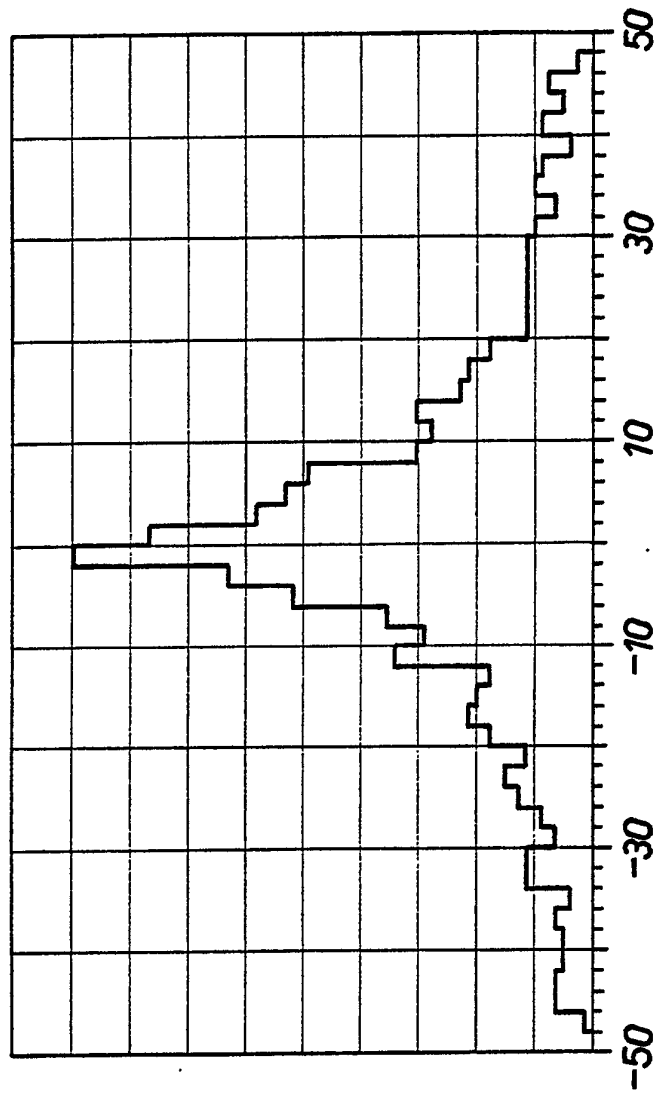


Fig. 5

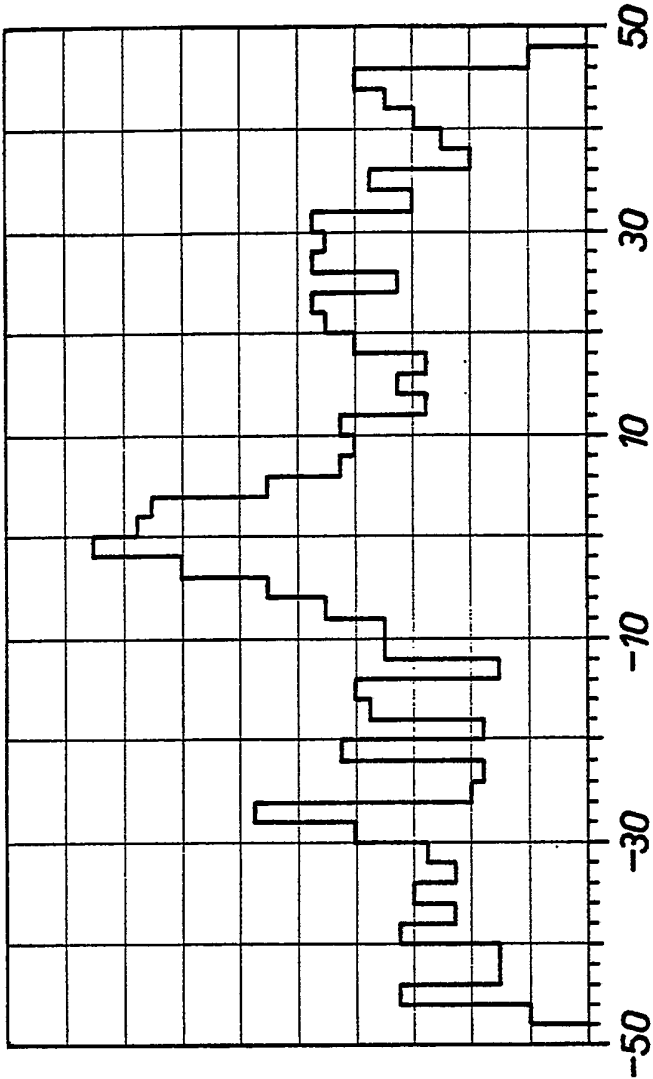
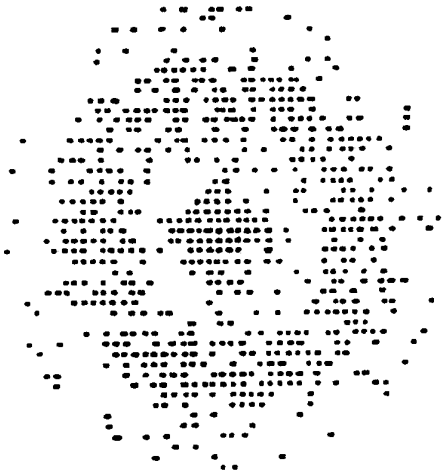


Fig. 6



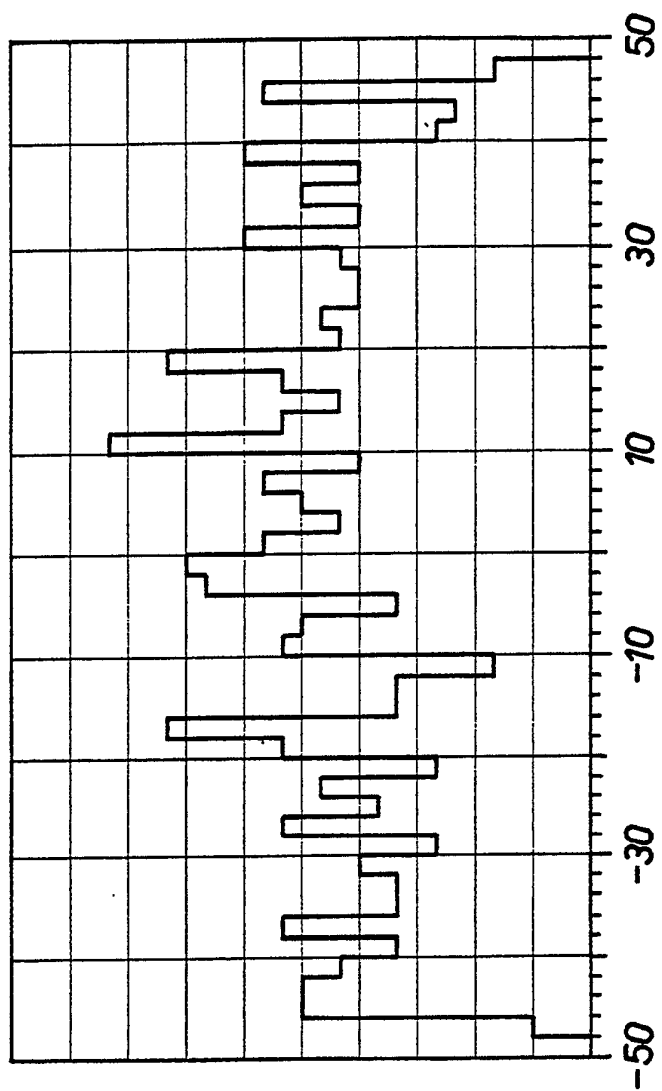


Fig. 7

