

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

0154 401

Int.Cl.³

3(51) G 03 B 21/56

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

21)	WP G 03 B/ 226 555	(22)	23.12.80	(44)	17.03.82
-----	--------------------	------	----------	------	----------

71)	siehe (72)
72)	DRECHSEL, LUDWIG, DR. DIPL.-PHYS.; LASCH, MARGARETE, DIPL.-PHYS.; DD;
73)	siehe (72)
74)	HANS KUEGLER, VEB CARL ZEISS JENA, BFS, 6900 JENA, CARL-ZEISS-STRASSE 1

[54] PROJEKTIONSSCHIRM FUER OPTISCHE ZWECKE

[57] Projektionsschirm fuer optische Zwecke, der hohen Anforderungen in der Wiedergabe sowohl makroskopischer als auch mikroskopischer Bilder im Transmissionsbetrieb gerecht wird. Die Aufgabe besteht darin, einen Projektionsschirm anzugeben, der aus verschiedenen, zueinander beweglichen Streumediten besteht, mit dem eine korn- und flimmer- bzw. scintillationsfreie Wiedergabe projizierter Abbildungen bei gleichzeitiger Verbesserung des Auflösungsvermögens und der Transmissionseigenschaften ermöglicht wird. Das Wesen der Erfindung besteht in einem Projektionsschirm, bei dem zwei feste anorganische oder organische Medien, von denen eines oder beide durch einseitige Aufrauung der Oberfläche lichtstreuend sind und eine zwischen diesen Medien befindliche Flüssigkeit mit oder ohne Streuwirkung relativ zueinander beweglich angeordnet sind. Die Erfindung hat vielfältige Anwendung im wissenschaftlichen Gerätebau.

Titel der Erfindung:

Projektionsschirm für optische Zwecke

Anwendungsgebiet der Erfindung:

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Pro-
jektionsschirm für optische Zwecke, der hohen Anforderun-
gen in der Wiedergabe sowohl makroskopischer als auch
mikroskopischer Bilder im Transmissionsbetrieb gerecht
wird. Die Erfindung hat vielfältige Anwendungsmöglich-
keiten im wissenschaftlichen Gerätebau, insbesondere bei
der hochgenauen Auswertung abbildungsmäßig dargestellter
Informationen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen:

Projektionsschirme bestehen üblicherweise aus flächen-
haften optischen Bauelementen, die durch mechanische
Bearbeitung ihrer Oberfläche oder durch geeignete Ober-
flächenformgebung das hindurchtretende Licht streuen.
Auch Projektionsschirme, die durch Einlagerung von
Streupartikeln in ihrem gesamten Volumen lichtstreuend
sind, sind bekannt. Für die Leistungsfähigkeit von Pro-
jektionsschirmen sind neben dem Streuvermögen außerdem
noch eine hohe Ausbeute an gestreutem Licht, im folgen-
den mit Transmission bezeichnet, und ein hohes Auflö-
sungsvermögen für feine Abbildungsdetails von großer
Bedeutung. Obwohl mit den bekannten Projektionsschirmen
diese Forderungen bereits weitgehend realisiert werden
können, besteht ein wesentlicher Mangel darin, daß die
projezierten Abbildungen nicht frei von Kornstrukturen
und Flimmer- bzw. Scintillationerscheinungen sind.

Der letztere Effekt macht sich besonders beim längeren subjektiven Betrachten projezierter Abbildungen physiologisch störend bemerkbar und beeinträchtigt außerdem die Erkennbarkeit feiner Abbildungsdetails. Er wird dadurch hervorgerufen, daß das durch die Projektionsschirme hindurchtretende Licht neben der Streuung auch noch eine Brechung und Reflektion an den Oberflächen der streuenden Strukturelemente erfährt.

Um diese Flimmer- bzw. Scintillationserscheinungen, sowie die Kornstrukturen zu vermeiden, ist eine Projektionsschirm-Anordnung bekannt geworden, die aus zwei im direkten Oberflächenkontakt stehenden oder mit einem geringen Luftzwischenraum zueinander angeordneten Streumедien besteht, die relativ zueinander in Rotation oder Translation langsam bewegt werden (GB-PS 592 815). Der Nachteil bei dieser Anordnung besteht darin, daß die Transmission verschlechtert wird. Da sich durch die Bewegungsvorgänge verursachte Erschütterungen der Gesamtanordnung nicht vermeiden lassen, wird auch das Auflösungsvermögen herabgesetzt.

Zur Behebung dieser Mängel gehören Projektions-einrichtungen zum Stand der Technik, bei denen sich durch elektromagnetische Anregung zwei flächenhafte lichtstreuende Medien relativ zueinander in oszillierenden, linearer Bewegung befinden (AT-PS 195 666; US-PS 4.143.943). Abgesehen vom relativ hohen apparativen Aufwand ist der Hauptmangel dieser Anordnungen darin zu sehen, daß die Flimmer- und Scintillationserscheinungen nicht vollständig vermieden werden. In Abhängigkeit von der jeweiligen Amplitude der Oszillation bilden sich nämlich Resonanzzustände aus, die zu Zonen in den projezierten Abbildungen führen, in denen die Flimmer- und Scintillationserscheinungen und auch die Konstrukturen nach wie vor vorhanden sind und ein vermindertes Auflösungsvermögen bestehen bleibt. Durch die Resonanzzustände können auch Vibrationserscheinungen in den

Projektionsschirmanordnungen auftreten, die eine Auswertung der Abbildungen beeinträchtigen. Nach dem Stande der Technik ist es auch bekannt, zwei Streuscheiben mit unterschiedlichem Streuvermögen einzusetzen, wobei nur
5 die weniger streufähige Scheibe bewegbar ist und die Bewegung mit relativ geringen Geschwindigkeiten bzw. Amplituden ausgeführt wird (DE-OS 1 945 486; DE-OS 2 138 340). Obwohl auf diese Weise der Flimmer- und Scintillations-
effekt weitgehend ausgeschlossen und auch die Resonanz-
10 und Vibrationserscheinungen der Gesamtanordnung vermieden werden, weisen derartige Projektionsschirme unzureichende Transmissionseigenschaften und ein noch zu geringes Auflösungsvermögen auf. Bekannt ist auch eine Projektionsschirm-Anordnung, bei der ein Gemisch aus
15 Streupartikeln und Luft hinter einer Streuscheibe hindurch geblasen werden (US-PS 2 906 169). Abgesehen von dem hohen apparativen Aufwand ist bei dieser Anordnung die Gleichmäßigkeit der optischen Wirkungen über ein größeres Bildfeld im Sinne der wissenschaftlichen Auswertung
20 von abbildungsmäßig dargestellten Informationen nicht beabsichtigt und auch nicht möglich. Für hohe Auflösungen ist eine derartige Anordnung nicht geeignet. Die Transmissionseigenschaften sind ungenügend.

Zum bekannten Stand der Technik gehört schließlich
25 ein Durchprojektionssystem, das in seiner Anordnung einer großen Flüssigkristallzelle entspricht (DE-OS 2 138 118). Durch Anlegen eines elektrischen Feldes ist es möglich, den Flimmer- bzw. Scintillationseffekt praktisch zu beseitigen und eine kornfreie Abbildung zu erzeugen.
30 Wesentliche Nachteile bestehen jedoch in der begrenzten Lebensdauer derartiger Systeme. Außerdem ist ihre Funktionstüchtigkeit stark von der Temperatur abhängig, wodurch ein beträchtlicher apparativer Aufwand notwendig wird. Das mit 20 Linienpaaren pro mm angegebene Auf-
35 lösungsvermögen ist für mikroskopische Anforderungen nicht ausreichend.

Allen bekannten technischen Lösungen ist der Mangel
gemeinsam, daß die Flimmer- bzw. Scintillationseffekte
und die Kornstruktur nicht wirksam beseitigt werden kön-
nen, ohne daß die übrigen wesentlichen optischen Eigen-
schaften, wie Auflösungsvermögen und Transmission, nach-
teilig beeinflusst werden.

Ziel der Erfindung:

Das Ziel der Erfindung besteht in einem Projektions-
schirm für optische Zwecke, bei dem die Mängel und Nach-
teile des Standes der Technik vermieden werden. Insbe-
sondere soll ein Projektionsschirm geschaffen werden,
der die Wiedergabe und Auswertung projezierter Abbildun-
gen in höchster Qualität und detailgetreu gewährleistet
und darüberhinaus auch ein längeres Betrachten problem-
los zuläßt.

Darlegung des Wesens der Erfindung:

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Projektionsschirm
für optische Zwecke anzugeben, der aus verschiedenen zu-
einander beweglichen Streumedien besteht, mit dem eine
korn- und flimmer- bzw. scintillationsfreie Wiedergabe
projezierter Abbildungen ermöglicht wird und bei dem
gleichzeitig das Auflösungsvermögen und die Transmis-
sionseigenschaften verbessert werden.

Die Merkmale der erfindungsgemäßen Lösung der
Ziel- und Aufgabenstellung bestehen darin, daß zwei
feste anorganische oder organische Medien, von denen
eines oder beide durch eine einseitige Oberflächenrau-
tiefe von $4,5 \mu\text{m}$ bis $17 \mu\text{m}$ lichtstreuend sind, und eine
zwischen diesen befindliche Flüssigkeit mit oder ohne
Streuung relativ zueinander beweglich angeordnet
sind, wobei der Abstand zwischen den festen Medien
 $0,004$ bis $0,5 \text{ mm}$ beträgt und die Brechzahldifferenz
zwischen den festen Medien und der Flüssigkeit
 $\Delta n_d^{20} = 0,180$ bis $0,350$ beträgt. Zu den Merkmalen der
Erfindung gehört es weiterhin, daß zwei feste licht-

streuende Medien einen Zwischenraum umschließen, der mit einer nicht streuwirksamen Flüssigkeit angefüllt ist, wobei das dem Betrachter abgewandte feste Medium beweglich angeordnet ist.

- 5 Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung besteht darin, daß ein festes lichtstreuendes Medium auf der dem Betrachter zugewandten Seite und ein zweites festes, nicht streuwirksames Medium, die beide unbeweglich angeordnet sind, einen Zwischenraum
10 umschließen, der von einer Flüssigkeit durchströmt wird, die streuende anorganische oder organische Feststoffteilchen der Korngröße von 1 bis 10 μ m enthält.

- Die bei Projektionsschirmen gemäß der erfindungsgemäßen Lösung verwendeten festen Medien bestehen aus
15 Glasscheiben. Mit gleichem Erfolg können jedoch auch Scheiben aus organischen Polymeren, wie sie üblicherweise für optische Zwecke Verwendung finden, eingesetzt werden, wie z. B. Polymethacryl- bzw.-acrylsäureester, Polyester aus isomeren Phthalsäuren, Polycarbonate, Polydiethylenglykol- bis -allylcarbonat u. a. m., sowie deren Copoly-
20 mere. Zum Ausfüllen der Zwischenräume zwischen den festen Medien werden vorteilhafterweise Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, Alkohole, Glykolether, Ester, halogenierte Kohlenwasserstoffe und deren Mischungen verwendet.
25 Um der Flüssigkeit lichtstreuende Eigenschaften zu verleihen, kommen als Feststoffe z. B. hochdisperse Kieselsäure, sowie Pulver aus Polyethylen, Polyvinylalkohol u. ä. zur Anwendung.

- Mit den erfindungsgemäßen Projektionsschirmen wird
30 es ermöglicht, daß projizierte Abbildungen mit einem Auflösungsvermögen von mindestens 25 Linienpaaren pro mm und einer Transmission von mindestens 80 % korn-, flimmer- und scintillationsfrei wiedergegeben werden können, ohne daß ein Puppillendurchschlag eintritt. Dadurch sind hoch-
35 genaue und detailgetreue Auswertungen der projizierten Abbildungen ohne negative physiologische Begleiterscheinungen auch bei längerer Bildbetrachtung möglich.

Ausführungsbeispiele:

Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden Ausführungsbeispiele erläutert. In der dazugehörigen Zeichnung veranschaulicht die

5 Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Projektionsschirm aus zwei festen lichtstreuenden Medien, die einen Zwischenraum umschließen, der mit einer nicht streuwirksamen Flüssigkeit angefüllt ist, wobei das dem Betrachter abgewandte feste Me-
10 dium beweglich angeordnet ist.

Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Projektionsschirm aus einem festen lichtstreuenden Medium auf der dem Betrachter zugewandten Seite und einem zweiten, festen nicht streuwirksamen Medium auf
15 der dem Betrachter abgewandten Seite, wobei beide feste Medien unbeweglich angeordnet sind und einen Zwischenraum umschließen, der von einer Flüssigkeit durchströmt wird, die streu-
ende Feststoffteilchen enthält.

20 Ausführungsbeispiel 1 (Figur 1):

Zwei jeweils einseitig auf eine mittlere Oberflächen-
rauhtiefe von $7,4 \mu\text{m}$ geschliffene Glasscheiben 1 und 2
mit einer Brechzahl $n_d^{20} = 1,728$ sind zueinander paral-
lel in der Weise angeordnet, daß die aufgerauhten
25 Oberflächen 3 und 4 einander zugewandt sind und zwi-
schen ihnen ein Zwischenraum 5 von $0,004 \text{ mm}$ Breite
bleibt. Die der Blickrichtung 6 eines Betrachters B
zugewandte Glasscheibe 1 ist in einem Rahmen 7 unbe-
weglich angeordnet. Die der Lichteinfallsrichtung 8 zu-
30 gewandte Glasscheibe 2 ist in einem Rahmen 9 gefaßt,
der mit einer nicht näher dargestellten Bewegungsvor-
richtung 10 verbunden und auf einer Unterlage 11 fe-
dernd gelagert ist. Die beiden Rahmen 7 und 9 sind um
die gesamte Projektionsschirmanordnung herum mit einer
35 elastischen Dichtung 12 nach der Art eines Falten-

balges miteinander verbunden. Dadurch ist ein allseitiger Abschluß des Zwischenraumes 5 gewährleistet, der mit einer Flüssigkeit 13 ohne Streuwirkung angefüllt ist, die im vorliegenden Falle aus Ethylenglykolmonoethylether mit einer Brechzahl $n_d^{20} = 1,408$ besteht. Zwischen den Oberflächen 3 und 4 der Glasscheiben 1 und 2 und der Flüssigkeitsfüllung ergibt sich damit eine Brechzahldifferenz von $\Delta n_d^{20} = 0,320$.

Mit Hilfe der nicht näher dargestellten Bewegungsvorrichtung 10 wird die dem Lichteinfall 8 zugewandte Scheibe 2 in eine exzentrische Rotationsbewegung mit einer Amplitude von 10 mm bei einer Geschwindigkeit von 0,5 bis 2,0 cm $\cdot$ s⁻¹ versetzt. Die faltenbalgartige Dichtung 12 gewährleistet dabei, daß keine Bewegungerschütterungen auf die feststehende Scheibe 1 übertragen werden.

Auf einem derartig aufgebauten und betriebenen Projektionsschirm projizierte Abbildungen sind bei einer Transmission von 86 % und einem Auflösungsvermögen von 29 Linienpaaren pro mm korn- und flimmer- bzw. scintillationsfrei.

Ausführungsbeispiel 2 (Figur 1):

Die Anordnung für den Projektionsschirm ist die gleiche, wie sie im Ausführungsbeispiel 1 gemäß Figur 1 beschrieben wurde. Die beiden Glasscheiben haben ebenfalls eine Brechzahl $n_d^{20} = 1,728$, sind jedoch jeweils einseitig auf eine mittlere Oberflächenrauhtiefe von 4,9 μ m geschliffen worden. Als Flüssigkeit zwischen den Scheiben kommt n-Propanol mit einem Brechwert von $n_d^{20} = 1,385$ und einer Schichtdicke von 0,02 mm zur Anwendung, so daß sich eine Brechzahldifferenz zwischen den Glasoberflächen und dem n-Propanol von $\Delta n_d^{20} = 0,343$ ergibt. Mit Hilfe der ebenfalls im Beispiel 1 beschriebenen Bewegungsverhältnisse ist es möglich, korn- und flimmer- bzw. scintillationsfreie Bilder bei einer Transmission von 87 % und einem Auflösungsvermögen von

33 Linienpaaren pro mm zu projizieren.

Ausführungsbeispiel 3 (Figur 1):

In der gleichen Weise, wie im Ausführungsbeispiel 1 beschrieben und wie in Fig. 1 dargestellt, wird eine Projektionsschirmanordnung aufgebaut und betrieben, wobei die beiden Scheiben aus Polycarbonat mit einer Brechzahl von $n_d^{20} = 1,585$ bestehen, die jeweils einseitig eine Oberflächenrautiefe von $7,4 \mu\text{m}$ aufweisen. Sie sind im Abstand von $0,05 \text{ mm}$ zueinander angeordnet, wobei der Zwischenraum zwischen ihnen mit Wasser ($n_d^{20} = 1,335$) angefüllt ist. Es ergibt sich eine Brechzahl-differenz zwischen den Polycarbonatscheiben und dem Wasser von $\Delta n_d^{20} = 0,250$.

Die mit Hilfe dieser Ausführung des erfindungsgemäßen Projektionsschirms projizierten Bilder sind korn- und flimmer- bzw. scintillationsfrei bei einer Transmission von 85% und einem Auflösungsvermögen von 27 Linienpaaren pro mm.

Ausführungsbeispiel 4 (Figur 2):

Eine einseitig auf eine mittlere Oberflächenrautiefe von $16,8 \mu\text{m}$ geschliffene und dadurch streuende Glasscheibe 21 mit einer Brechzahl $n_d^{20} = 1,522$ und eine zweite, beiderseitig glatte, nichtstreuende Glasscheibe 22 mit der gleichen Brechzahl werden zueinander parallel und unbeweglich in der Weise angeordnet, daß zwischen beiden ein Zwischenraum 23 von $0,5 \text{ mm}$ Breite bleibt. Dabei ist die streuende Glasscheibe 21 auf der der Blickrichtung 24 eines Betrachters B zugewandten Seite angeordnet, während die beiderseitig glatte, nichtstreuende Glasscheibe 22 der Lichteinfallrichtung 25 zugewandt ist. Der Zwischenraum 23 wird in Fließrichtung 27 von einer Flüssigkeit 26 durchflossen, die im vorliegenden Falle aus Wasser besteht, das als streuende Feststoffteilchen 28 $0,8 \text{ Masse-\%}$ flammenhydrolytisch hergestelltes hochdisperses Siliciumdioxid mit einer Sekundärteilchengröße von 1 bis $7 \mu\text{m}$

enthält. Dabei ist die Glasscheibe 21 so angeordnet, daß ihre aufgeraute, streuende Oberfläche 29 den Zwischenraum 23 begrenzt und in unmittelbarem Kontakt mit der durch diesen hindurchfließenden Flüssigkeit 26 und den darin suspendierten Feststoffteilchen 28 steht. Der Projektionsschirm ist mit Hilfe von Dichtungsmaterial 30 in einem Rahmen 31 gefaßt, der mit Zu- und Abflußstutzen 32 für die streuwirksame Suspension 26/28 versehen ist.

Im vorliegenden Falle ergibt sich zwischen den Oberflächen der Glasscheiben 21 und 22 und dem als Flüssigkeit 26 dienenden Wasser eine Brechzahldifferenz von $\Delta n_d^{20} = 0,187$. Der Flüssigkeitsumlauf wird mit Hilfe einer nicht dargestellten Pumpe realisiert mit einer Pumpenleistung von 30 l/Std.

Auf diesem Projektionsschirm projizierte Abbildungen werden korn- und flimmer- bzw. scintillationsfrei mit einer Transmission von 82 % und einem Auflösungsvermögen von 33 Linienpaaren pro mm wiedergegeben.

Ausführungsbeispiel 5 (Figur 2):

Die Anordnung für den Projektionsschirm ist die gleiche, wie sie im Ausführungsbeispiel 4 gemäß Figur 2 beschrieben wurde. Die Glasscheiben, von denen die dem Betrachter zugewandte Scheibe auf ihrer Innenseite auf eine mittlere Raubtiefe von $7,4 \mu\text{m}$ geschliffen wurde, haben eine Brechzahl $n_d^{20} = 1,728$. Als umlaufende Flüssigkeit kommen 98,4 Masse-% Ethylenglykolmonoethylester mit einer Brechzahl $n_d^{20} = 1,408$ zur Anwendung, worin 1,6 Masse-% Polyethylenpulver mit einer mittleren Teilchengröße von $8 \mu\text{m}$ dispergiert sind. Es resultiert eine Brechzahldifferenz zwischen den Glasoberflächen und der Flüssigkeit von $\Delta n_d^{20} = 0,320$. Die Dicke der Flüssigkeitsschicht beträgt wie im Beispiel 4 0,5 mm. Der Flüssigkeitsumlauf wird gleichfalls durch eine Pumpe mit einer Pumpenleistung von 30 l/Std. realisiert.

Die projezierten Abbildungen sind korn- und flimmer- bzw. scintillationsfrei mit einer Transmission von

82 % bei einem Auflösungsvermögen von 30 Linienpaaren pro mm.

Ausführungsbeispiel 6 (Figur 2):

5 Wie im Beispiel 4 gemäß Fig. 2 beschrieben, werden 2
Glasscheiben mit einer Brechzahl $n_d^{20} = 1,624$ im Abstand
von 0,5 mm voneinander angeordnet, wobei die dem Be-
trachter zugewandte Scheibe auf ihrer Innenseite auf
eine mittlere Rauhtiefe von $9,4 \mu\text{m}$ geschliffen wurde.
10 Die umlaufende Flüssigkeit besteht aus 98,7 Masse-%
einer Mischung von Tetrachlorkohlenstoff mit Ethyl-
acetat im Volumenverhältnis von 4:1 mit einer Brech-
zahl von $n_d^{20} = 1,392$, in der 1,3 Masse-% Polyvinylal-
koholpulver mit einer mittleren Teilchengröße von $5 \mu\text{m}$
dispergiert sind. Im vorliegenden Falle beträgt die
15 Brechzahldifferenz zwischen den Glasoberflächen und der
Flüssigkeit $\Delta n_d^{20} = 0,232$. Der Flüssigkeitsumlauf wird
auch in diesem Falle durch eine Pumpe mit einer Lei-
stung von 30 l/Std. realisiert.

20 Auf diesem Projektionsschirm wiedergegebene Ab-
bildungen sind korn- und flimmer- bzw. scintillations-
frei bei einer Transmission von 80 % und einem Auf-
lösungsvermögen von 30 Linienpaaren pro mm.

Erfindungsanspruch:

1. Projektionsschirm für optische Zwecke mit verschiedenen, zueinander beweglichen Streumедien, dadurch gekennzeichnet, daß zwei feste anorganische oder organische Medien, von denen eines oder beide durch eine einseitige Oberflächenrauhtiefe von $4,5\text{ }\mu\text{m}$ bis $17\text{ }\mu\text{m}$ lichtstreuend sind, und eine zwischen diesen befindliche Flüssigkeit mit oder ohne Streuwirkung relativ zueinander beweglich angeordnet sind, wobei der Abstand zwischen den festen Medien $0,004$ bis $0,5\text{ mm}$ beträgt und die Brechzahl Differenz zwischen den festen Medien und der Flüssigkeit $\Delta n_d^{20} = 0,180$ bis $0,350$ beträgt.

2. Projektionsschirm nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwei feste, lichtstreuende Medien einen Zwischenraum umschließen, der mit einer nicht streuwirksamen Flüssigkeit angefüllt ist, wobei das dem Betrachter abgewandte feste Medium beweglich angeordnet ist.

3. Projektionsschirm nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein festes, lichtstreuendes Medium auf der dem Betrachter zugewandten Seite und ein zweites festes, nicht streuwirksames Medium, die beide unbeweglich angeordnet sind, einen Zwischenraum umschließen, der von einer Flüssigkeit durchströmt wird, die streuende anorganische oder organische Feststoffteilchen der Korngröße von 1 bis $10\text{ }\mu\text{m}$ enthält.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

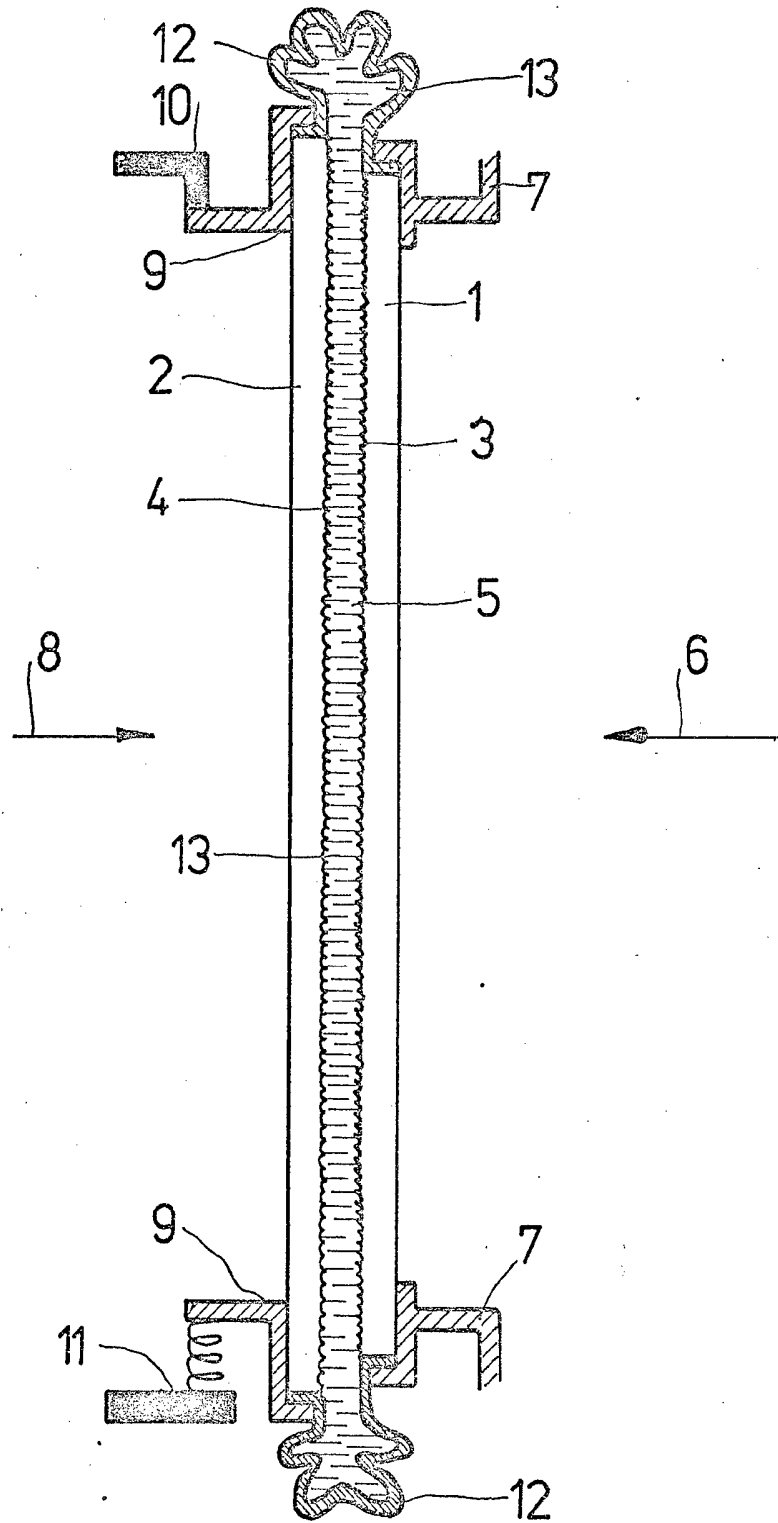


Fig.1

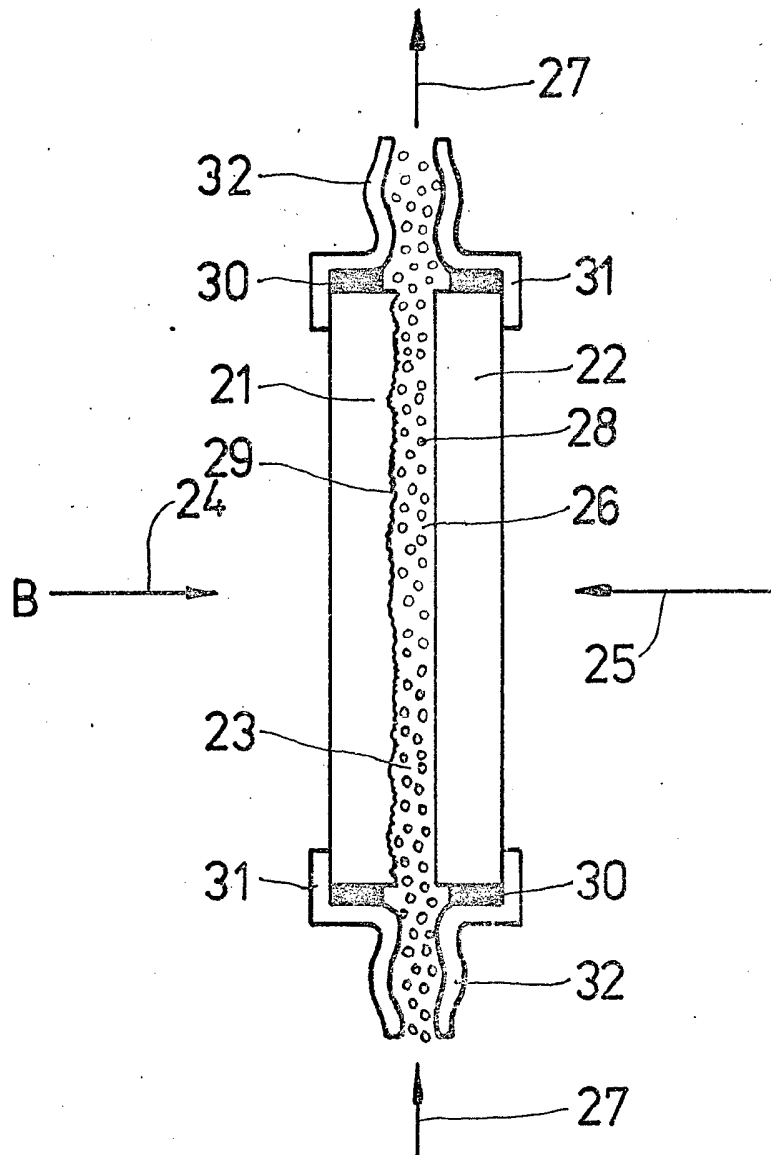


Fig.2