

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1992/97

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **H01S 3/042**  
B23K 26/00

(22) Anmeldetag: 24.11.1997

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 3.1999

(45) Ausgabetag: 25.11.1999

(56) Entgegenhaltungen:

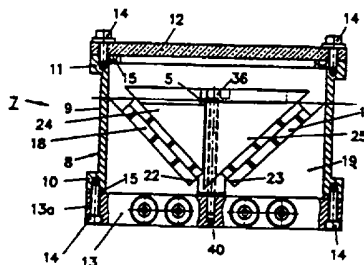
EP 259888A2  
JP 1-122183A (ABSTRACT)  
DE 3922800A1 DE 3307933C2  
OPTICS LETTERS VOL. 22, NR. 16, 15. AUGUST 1997,  
S. 1256-1258, "0.2-TW LASER SYSTEM AT 1 KHZ" BACKUS  
ET AL.  
"GENERATION OF 0.1-TW 5-FS OPTICAL PULSES AT A 1-KHZ  
REPETITION RATE" S. SARTANIA ET AL., OPTICS LETTERS  
VOL. 22, NR. 20, 15. OKTOBER 1997, S. 1562-1564

(73) Patentinhaber:

FEMTOLASERS PRODUKTIONS GMBH  
A-2100 KORNEUBURG, NIEDERÖSTERREICH (AT).

## (54) KÜHLVORRICHTUNG FÜR EINEN LASERKRISTALL

(57) Kühlvorrichtung (7) mit Peltierelementen (18) für einen thermisch hoch belasteten Laserkristall (5), von dem Laserstrahlen, insbesondere Laserpulse, erhalten werden, vorzugsweise für den Laserkristall (5) eines optischen Verstärkers (4) oder Oszillators, wobei der Laserkristall (5) zusammen mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen (18) in an sich bekannter Weise in einem gekapselten Behälter (8) untergebracht ist, dessen Inneres evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und zumindest ein Brewster-Fenster (32,33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) aufweist, das unter einem Winkel entsprechend dem Brewsterwinkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.



Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung mit Peltierelementen für einen thermisch hoch belasteten Laserkristall, von dem Laserstrahlen, insbesondere Laserpulse, erhalten werden, vorzugsweise für den Laserkristall eines optischen Verstärkers oder Oszillators.

Eine wirksame Kühlung von Laserkristallen allgemein in Laservorrichtungen ist dann von besonderer Bedeutung, wenn die Laserkristalle, z.B. Titan-Saphir-Laserkristalle (üblicherweise Ti:S-Laserkristalle bezeichnet), im Betrieb relativ hohen Wärmebelastungen ausgesetzt werden. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn in einer Kurzpuls-Laservorrichtung (Oszillator) mit passiver Modenverkopplung der Laserkristall als optische Nichtlinearität genützt wird und der Pumpstrahl und der Resonatorstrahl möglichst stark im Laserkristall fokussiert werden; der Laserkristall soll dabei, um die Materialdispersion niedrig zu halten, kleine Abmessungen und zum Ausgleich eine hohe Dotierung haben, wodurch die - spezifische - Wärmebelastung steigt, wie dies in der nicht vorveröffentlichten älteren Anmeldung PCT/AT97/00190 (WO 90/10 494 A1) dargelegt ist. Dort ist auch dargelegt, daß eine Kühlung auf unter  $10^{\circ}\text{C}$  wegen der dann auftretenden Feuchte-Kondensation problematisch ist, wobei auf dem Laserkristall kondensierte Tröpfchen zu einer raschen Beschädigung oder sogar Zerstörung des Laserkristalls führen können.

Von ganz besonderer Bedeutung ist ferner die Kühlung des Laserkristalls im Falle eines optischen Verstärkers, wie dies auch bereits in Optics Letters Vol. 22, Nr.16, 15. August 1997, S. 1256-1258, "0.2-TW laser System at 1 kHz" von Backus et al. ausgeführt wird. Bei einer solchen optischen Nachverstärkung von Oszillatordpulsen wird beispielsweise ebenfalls ein Ti:S-Laserkristall verwendet, in dem die Pulse aus dem Oszillator von einer Energie von einigen nJ (Nanojoule) auf eine Energie in der Größenordnung von 1 mJ (Millijoule) (also um den Faktor  $10^6$ ) verstärkt werden. Zu diesem Zweck wird der Ti:S-Verstärkerkristall mit grünem Laserlicht "gepumpt", das z.B. eine Durchschnittsleistung von 10 bis 20 W hat, was ein Mehrfaches der Pumpleistung bei der Laserpulserzeugung im Oszillator ist. Auch ist dadurch, daß der optische Verstärker gepulst betrieben wird (z.B. beträgt die Pulsfrequenz ca. 1 kHz), die Pumpenergie auf einzelne Pulse konzentriert, die die Oszillatordpulse verstärken. Zuzufolge der dabei auftretenden sehr hohen Leistungen ist es daher wichtig, eine ausreichende Kühlung für den Laserkristall zu erzielen. Bei einer unzureichenden Kühlung des Laserkristalls ergibt sich nicht nur eine schlechte Effizienz ähnlich wie beim Oszillator, sondern auch ein ungünstiges Strahlprofil aufgrund des Effekts der "thermischen Linse", der auch im erwähnten Artikel von Backus et al. erläutert wird. Im Falle der Erwärmung des Laserkristalls bewirkt der dadurch in seinem Material erhaltene Temperaturgradient einen Brechungsindexgradienten, der den Laserstrahl beim Durchlaufen - je nach Laserkristall-Material - ungewollt fokussiert oder defokussiert. Durch eine gute Kühlung des Laserkristalls wird die thermische Leitfähigkeit des Laserkristall-Materials höher, und der Temperaturkoeffizient des Brechungsindex (der den Effekt der "thermischen Linse" bewirkt) wird bei den niedrigen Temperaturen kleiner, so daß ein Strahlprofil annähernd entsprechend dem idealen Gauß'schen Intensitätsprofil (über den Querschnitt) erzielt wird; auch wird dann der Wirkungsgrad verbessert. Gemäß dem Artikel von Backus et al. wird flüssiger Stickstoff zur Kühlung des Laserkristalls verwendet, wodurch zwar außerordentlich niedrige Temperaturen erzielt werden können, jedoch eine praktikable Ausführung des optischen Verstärkers für verschiedenste Einsatzzwecke, wie insbesondere für mobile Einsätze, verhindert wird.

Ein etwas anderer optischer Verstärker ist im Artikel "Generation of 0.1-TW 5-fs optical pulses at a 1-kHz repetition rate" von S. Sartania et al., Optics letters Vol.22, Nr. 20, 15. Oktober 1997, beschrieben, wobei dort nur allgemein erwähnt wird, daß zur Kühlung des Laserkristalls ein Peltierkühler verwendet wird. Damit bleibt jedoch das Problem, daß sich bei einem intensiven Kühlen am Laserkristall nicht nur Kondenswasser, sondern sogar Eis bildet, und daß Verunreinigungen in der Luft vorhanden sind, die sich am Laserkristall festsetzen; diese Eisbildungen und Verunreinigungen führen im Betrieb zur - lokalen - Zerstörung der Kristalloberfläche durch Einbrennen.

Es ist nun Ziel der Erfindung, hier Abhilfe zu schaffen und eine Kühlvorrichtung der eingangs angeführten Art vorzusehen, mit der einerseits trotz einfacher, insbesondere für mobile Anwendungen, geeigneten Konstruktion eine gute Kühlung im Hinblick auf einen hohen Wirkungsgrad und ein optimales Strahlprofil erzielt wird, und mit der andererseits durch Vermeidung von Einbrennen von Kondenswasser (Eis) bzw. Verunreinigungen eine lange Lebensdauer des Laserkristalls sichergestellt wird.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, daß der Laserkristall zusammen mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen in an sich bekannter Weise in einem gekapselten Behälter untergebracht ist, daß das Innere des Behälters evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und daß der Behälter zumindest ein Brewster-Fenster für den Durchtritt der Laserstrahlen aufweist, das unter einem Winkel entsprechend dem Brewsterwinkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.

Durch das Kapseln des Behälters ist es möglich, das Behälterinnere zu evakuieren oder aber trocken zu halten, so daß sich kein Kondenswasser am Laserkristall absetzen kann; weiters wird hier eine definierte,

saubere Umgebung (Vakuum oder reine, d.h. von Verunreinigungen freie, trockene Luft) für den Laserkristall ermöglicht. Demgemäß können lange Betriebszeiten erzielt werden, was auch im Hinblick auf den beim Einbau und bei der genauen Justierung von Laserkristallen erforderlichen Aufwand ein bedeutender Vorteil ist. Sodann zeichnet sich die vorliegende Kühlvorrichtung dadurch aus, daß sie wegen der Verwendung der thermoelektrischen Kühlelemente, d.h. Peltierelemente, in Verbindung mit dem gekapselten Behälter einen kompakten, einfachen, handlichen Aufbau der Laservorrichtung ermöglicht, wobei überdies die Verwendung in Fahrzeugen, z.B. auch in Flugzeugen, problemlos möglich ist, da sie im Betrieb Schwerkraft-unabhängig ist, im Gegensatz zu einer Kühlung mit flüssigem Stickstoff. Der Behälter kann dabei mit einem dicht verschließbarem Anschluß für ein Evakuieren sowie mit dichten elektrischen Leitungsdurchführungen für die Stromversorgung der Peltierelemente versehen sein.

Für den Durchtritt der Laserstrahlen sind weiters im Hinblick auf die hohen Intensitäten, die bei den hier in Rede stehenden Einrichtungen mit den hohen thermischen Belastungen des Laserkristalls auftreten, sog. Brewster-Fenster am Behälter vorgesehen. Dadurch können ungewollte Reflexionen verhindert werden, und zwar ohne die sonst hierfür eingesetzten Breitband-Antireflexbeschichtungen; derartige dielektrische Beschichtungen würden nämlich den angesprochenen hohen Intensitäten (mit Spitzenleistungen im GW-Bereich) nicht standhalten.

Es sei noch erwähnt, daß es bei Halbleiterlasern bekannt ist, vgl. z.B. DE 33 07 933 C, DE 39 22 800 A, JP 1-122 183 A oder EP 259 888 A, gekapselte Module zu verwenden, in denen das Laserdiodenelement in Verbindung mit einem Peltierelement vorliegt. Dabei liegen jedoch keine hohen Laserleistungen und damit auch nur niedrige thermische Belastungen der Laserdiodenelemente vor, und die Peltierelemente werden hier tatsächlich zur Temperaturstabilisierung eingesetzt. Dies ist bei den bekannten Halbleiter-Lasern deshalb von Bedeutung, weil im Fall von Laserdioden die Laser-Wellenlänge wesentlich von der Temperatur des Halbleiterchips abhängt, wobei vielfach auch dessen Erwärmung notwendig ist, um die richtige Wellenlänge zu erhalten. Im übrigen ist bei diesen bekannten Einrichtungen keine Evakuierung des Moduls bzw. Trocknung mittels Trocknungssubstanzen angesprochen.

Mit den Peltierelementen kann in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten eine ausreichende Kühlung des Laserkristalls erzielt werden, wobei sich gezeigt hat, daß eine Temperaturdifferenz von ca. 50 °C oder 70 °C an den Peltierelementen zumeist genügt. Für eine besonders starke Kühlung bzw. Wärmeableitung vom Laserkristall kann es auch vorteilhaft sein, wenn die Peltierelemente in an sich bekannter Weise gestapelt vorgesehen sind. Dabei können Temperaturwerte von -50 °C oder -100 °C auf der kalten Seite, bei Umgebungstemperatur (ca. 20 °C) auf der warmen Seite, ohne weiters erreicht werden. An sich sind Temperaturdifferenzen an den Peltierelementen bis zu 130 °C, bei Einsatz herkömmlicher Peltierelemente, möglich.

Der Laserkristall kann plättchenförmig und - im Hinblick auf die erzielbare gute Kühlung - vergleichsweise klein dimensioniert werden und auch im Fall eines Verstärkerkristalls beispielsweise Abmessungen von nur ca. 3 mm in der Breite und Länge, mit einer Höhe von bloß 1 bis 1,5 mm, aufweisen.

Für die Fixierung des Laserkristalls unter Sicherstellung eines guten Wärmeüberganges und einer guten Wärmeableitung ist es auch von Vorteil, wenn der Laserkristall zwischen gut wärmeleitenden Kühlbacken gehalten ist, an denen die Peltierelemente anliegen. Hierbei ist es zur Erzielung einer möglichst großen Wärmeübergangsfläche sowie einer besonders einfachen Halterung des Laserkristalls überdies günstig, wenn die Kühlbacken den Laserkristall an vier Seiten formschlüssig umgreifen und festhalten. Eine hinsichtlich Herstellung und Montage günstige Lösung wird hier weiters erzielt, wenn eine von zwei an gegenüberliegenden Seiten am Laserkristall anliegenden Kühlbacken einen den auf der anderen Kühlbacke aufliegenden Laserkristall übergreifenden Nasenfortsatz aufweist und die Kühlbacken in Laserstrahlrichtung vor bzw. hinter dem Laserkristall mit Vertiefungen für den Durchlaß der Laserstrahlen versehen sind.

Um die Peltierelemente an ihrer "warmen" Seite auf Umgebungstemperatur (oder sogar darunter) zu halten, ist es ferner von Vorteil, wenn die Peltierelemente an der von den Kühlbacken abgewandten warmen Seite an einem Kühlsockel anliegen. Dabei hat es sich für eine effiziente Kühlung der warmen Seite der Peltierelemente auch als vorteilhaft erwiesen, wenn der Kühlsockel flüssigkeitsgekühlt ist. Der Kühlsockel kann dabei die verschiedensten Formen haben, wie z.B. eine Quaderform oder Scheibenform. Für die Erzielung einer hohen Kälte-Speicherkapazität sowie für eine stabile Unterbringung der Peltierelemente und der Kühlbacken und für eine einfache Fertigung ist es weiters günstig, wenn der Kühlsockel durch einen allgemein zylindrischen Körper mit einem allgemein V-förmigen Einschnitt an einer Stirnseite gebildet ist, der die Peltierelemente sowie die Kühlbacken mit dem Laserkristall aufnimmt. Dabei ist es aus Bearbeitungsgründen, auch hinsichtlich der Anlagefläche der Peltierelemente und Kühlbacken, von Vorteil, wenn der V-förmige Einschnitt einen Scheitelwinkel von 90 ° aufweist. Für die Ausrichtung der Peltierelemente und als Montageerleichterung ist es überdies vorteilhaft, wenn der allgemein V-förmige Einschnitt schräge Auflageflächen für die Peltierelemente definiert und an den inneren, einander benachbarten Enden der

Auflageflächen von diesen hochstehende Anschläge für die Peltierelemente vorgesehen sind.

Eine besonders einfache Ausbildung des gekapselten Behälters, die eine gute Abdichtung z.B. mit O-Ringen ermöglicht, kann erhalten werden, wenn der Behälter ein mit einem Deckel verschlossenes Rohrgehäuse aufweist. Hierbei ist es weiters vorteilhaft, wenn der Kühlsockel an seiner von den Peltierelementen abgewandten Stirnseite mit einem Flansch versehen ist, mit dem das Rohrgehäuse dicht verbunden ist. Auch ist es günstig, wenn der Kühlsockel im Bereich des Flansches mit Bohrungen für den Durchfluß der Kühlflüssigkeit versehen ist.

Damit die Laserstrahlen beim Durchtritt durch die Fenster eine auf die Flächeneinheit ihres Querschnitts bezogene geringe Leistung haben (und so kein Einbrennen oder Zerstören der Fenster nach kurzen Betriebszeiten verursachen), sollten die Laserstrahlen an der Stelle der Fenster einen möglichst großen Querschnitt haben, d.h. außer Fokus sein, was bedeutet, daß für die Fenster ein bestimmter Abstand (z.B. ca. 8 bis 10 cm) zum Laserkristall - wo Fokussierung vorliegt - eingehalten werden sollte. Um dies ohne Vergrößerung des gesamten Behälters zu ermöglichen, ist es auch günstig, wenn der gekapselte Behälter, vorzugsweise an einander gegenüberliegenden Seiten, mit (je) einem von ihm abstehenden, dicht angebrachten Rohrstutzen versehen ist, der an seinem äußeren Ende mit dem Fenster für den Durchtritt der Laserstrahlen abgeschlossen ist.

Die Erfindung wird nachstehend an Hand eines in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels, auf das sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. Im einzelnen zeigen: Fig.1 ein Schema der wesentlichen Teile eines optischen Verstärkers; Fig.2 eine aufgeschnittene Draufsicht auf eine Kühlvorrichtung für den bei einem solchen optischen Verstärker verwendeten Laserkristall; Fig.3 einen axialen Schnitt durch diese Kühlvorrichtung, gemäß der Linie III-III in Fig.2; Fig.4 eine Draufsicht auf einen bei dieser Kühlvorrichtung verwendeten Montage- und Kühlsockel; Fig.5 eine Ansicht dieses Kühlsockels, im Bereich des unteren Flanschteiles teilweise aufgeschnitten; Fig.6 einen Querschnitt durch den Flanschbereich dieses Kühlsockels, gemäß der Linie VI-VI in Fig. 5; Fig.7 eine der bei der Kühlvorrichtung gemäß Fig.2 und 3 verwendeten Kühlbacken für den Laserkristall in einer Draufsicht (Fig.7a), Vorderansicht (Fig.7b) und Stirnansicht (Fig.7c); Fig.8 die andere der bei der Kühlvorrichtung gemäß Fig.2 und 3 verwendeten Kühlbacken, -ebenfalls in einer Draufsicht (Fig.8a), Vorderansicht (Fig.8b) und Stirnansicht (Fig.8c); und Fig.9 in einer Detailansicht in größerem Maßstab die Einspannung des Laserkristalls zwischen den Kühlbacken gemäß Fig.7 und 8 unter Zwischenlage von Indiumfolien.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung wird nachstehend beispielhaft in Zusammenhang mit einem optischen Verstärker, wie er schematisch in Fig.1 in seinen wesentlichen Teilen angedeutet ist, näher beschrieben; selbstverständlich kann die Kühlvorrichtung, wenngleich sie aufgrund der effizienten Kühlung besondere Vorteile bei optischen Verstärkern bringt, aber auch bei anderen Laservorrichtungen, z.B. bei Oszillatoren, angewendet werden. Auch sind die nachstehend angegebenen Materialien für den Laserkristall (Titan-Saphir-Kristall) ebenso wie für die Ausbildung des Pumpasers (frequenzverdoppelter Nd:YLF-Laser - Neodym-Yttrium-Lithium-Fluorid-Laser) nur als Beispiel zu verstehen.

In Fig.1 ist schematisch eine Anordnung der wesentlichen Komponenten eines optischen Verstärkers gezeigt, wobei im dargestellten Beispiel der optische Verstärker als sog. "Multipass-Verstärker" veranschaulicht ist, vgl. auch den bereits eingangs erwähnten Aufsatz von Backus et al. "0.2-TW laser system at 1 kHz". Selbstverständlich könnte die Erfindung aber auch bei anderen optischen Verstärkern, nämlich insbesondere bei den sog. regenerativen Verstärkern, eingesetzt werden, wo ein mehrmaliger kolinearer Durchlauf des Laserstrahles erfolgt, bevor er, z.B. mit Hilfe von Pockelszellen, den Verstärker verläßt.

Im einzelnen ist in Fig.1 schematisch bei 1 ein Pumpaser, z.B. ein frequenzverdoppelter Nd-YLF-Laser, gezeigt, der einen Laserstrahl, den sog. Pumpstrahl, abgibt, welcher schematisch in Fig.1 bei 2 angedeutet ist, und welcher die Energie für die Verstärkung von Laserpulsen liefert. Diese Laserpulse werden bei 3 von einem nicht näher gezeigten, an sich herkömmlichen Laseroszillator der allgemein mit 4 bezeichneten eigentlichen Verstärkeranordnung zugeführt. Wesentliches Element dieser Verstärkeranordnung 4 ist ein in Fig.1 ebenfalls nur ganz schematisch und ohne Kühlvorrichtung gezeigter Laserkristall 5, beispielsweise ein Ti:S- Laserkristall, in dem die Laserstrahlen bei den durch verschiedene Linien mit entsprechenden Pfeilen angegebenen verschiedenen Durchläufen fokussiert werden. Insbesondere sind zwei Fokussierungsspiegel M1, M2 für den Verstärkerstrahl beidseits des Laserkristalls 5 vorgesehen, wobei zumindest der Fokussierungsspiegel M1 halbdurchlässig ist, um den Pumpstrahl 2, der von einer Fokussierungslinse L1 herkommt, zum Laserkristall 5 durchzulassen. Weiters sind in Fig.1 bei R1 und R2 noch Retroreflektoren für den Verstärkerstrahl gezeigt, welche für die verschiedenen Multipass-Positionen des Laserstrahls im Raum sorgen, wobei die Retroreflektoren R1 überdies in einem vorbestimmten Abstand voneinander angebracht sind, damit die vom Oszillator kommenden Laserpulse dort durch den so gebildeten Spalt in die Verstärkeranordnung 4 eintreten können. Sodann ist vor den Retroreflektoren R2 eine Blende A mit z.B. einer 4-, 6- oder 8-Loch-Apertur zur Unterdrückung von Lasertätigkeit im Verstärker 4 angeordnet, und zum Auskoppeln

der verstärkten Laserpulse ist ein Spiegel 6 vorgesehen. Die verstärkten Laserpulse P können beispielsweise einem Kompressor zugeführt werden, wie dies an sich bekannt und daher nicht näher dargestellt ist, wobei in diesem Kompressor die Laserpulse in ihrer Dauer verkürzt werden.

Zur optischen Verstärkung wird ein Pumplaser 1 verwendet, der beispielsweise Pulse mit einer  
 5 Frequenz von ungefähr 1 kHz, mit einer Durchschnittsleistung von 10 bis 20 W, erzeugt. Da die zu verstärkenden Laserpulse vom Oszillator mit einer um Größenordnungen höheren Frequenz ankommen, wird üblicherweise in Verbindung mit der Verstärkeranordnung 4 auch eine Anordnung, etwa mit Pockelszellen, zur Unterdrückung der nicht-verstärkten Pulse eingesetzt, was aber in Fig.1 nicht näher veranschaulicht ist. Zur weiteren Information hierüber kann aber auf den bereits erwähnten Artikel von Sartania et al.  
 10 "Generation of 0.1-TW 5-fs optical pulses at a 1-kHz repetition rate" oder auf den Artikel von Backus et al. "0.2-TW laser System at 1 kHz" verwiesen werden. Zum leichteren Verständnis sei hier nur noch angeführt, daß beispielsweise die Laserpulse, die vom Oszillator kommen, eine Frequenz von 75 MHz haben, und daß dann nur jeder 75.000-ste Puls durchgelassen und mit Energie - die vom Pumplaser kommt - angereichert wird.

15 Im Hinblick auf die verhältnismäßig hohen Leistungen, die die Pumppulse aufweisen, sowie auch im Hinblick auf die Fokussierung dieser Pumppulse in einem relativ kleinen Laserkristall-Volumen kommt es dort zu einer entsprechenden Wärmeentwicklung, so daß einer effizienten Kühlung des Laserkristalls eine hohe Bedeutung zukommt. Dabei ist jedoch im Hinblick auf industrielle Anwendungen des Verstärkers oder allgemein der Lasereinrichtung eine Kühlung mit flüssigem Stickstoff, wie bei der bekannten Anordnung,  
 20 unzuverlässig und unhandlich und überdies von der Schwerkraft abhängig, so daß sich eine derartige Kühlvorrichtung nicht für mobile Einsatzzwecke eignet.

Anhand der Fig.2 bis 9 wird nun eine allgemein mit 7 bezeichnete Kühlvorrichtung erläutert, die den gestellten Anforderungen, wie ausreichende Kühlung, kompakter, einfacher, handlicher Aufbau, Unabhängigkeit von der Schwerkraft usw., Rechnung trägt, und die sich überdies dadurch auszeichnet, daß lange  
 25 Betriebszeiten für die Laserkristalle erzielt werden können.

Die Kühlvorrichtung 7 umfaßt, wie den Fig.2 und 3 zu entnehmen ist, einen gekapselten, dicht abgeschlossenen Behälter 8, der ein Rohrgehäuse 9 mit endseitigen Flanschen 10, 11 aufweist, an welchen ein Deckel 12 und ein Kühlsockel 13 über einen Flansch 13a mittels Schrauben 14 befestigt sind, wobei zusätzlich O-Dichtungsringe 15 aus Gummi oder elastischem Kunststoff zwischen den Flanschen 10, 11  
 30 einerseits und dem Deckel 12 bzw. dem Kühlsockel 13 andererseits vorgesehen sind.

Wie insbesondere aus den Fig.5 und 6 ersichtlich ist, weist der Kühlsockel 13 vier zueinander parallele Bohrungen 16 für den Durchfluß einer Kühlflüssigkeit, z.B. Wasser, auf, wobei in den Enden der Bohrungen 16 Anschlußnippel 17 (vgl. Fig. 2) eingeschraubt sind, die zur Hintereinanderschaltung der Bohrungen 16 über in Fig.2 gestrichelt angedeutete Leitungen oder Schläuche 17a dienen. Die Kühlflüssigkeit tritt  
 35 beispielsweise gemäß Pfeil E ein und gemäß Pfeil A aus.

Der Kühlsockel 13 besteht z.B. aus Kupfer oder Aluminium, während der Deckel 12 beispielsweise aus Kunststoff und das Rohrgehäuse 9 z.B. aus Aluminium bestehen.

Von der Basis des Kühlsockels 13 erstreckt sich nach oben ein außenseitig allgemein zylindrischer Körper 19, der zur Aufnahme von handelsüblichen Peltierelementen 18, z.B. den unter der Bezeichnung  
 40 Melcor Thermoelectrics 2 2 SC 055 045-127-63 im Handel erhältlichen Peltierelementen, dient und außen an der Innenwand des Rohrgehäuses 9 anliegt. Der Körper 19 weist mittig einen V-förmigen Einschnitt 20 mit einem Scheitelwinkel von 90° auf, so daß beidseitig der Mittellinie L (s. Fig.2) zwei Auflageflächen 21 für die Peltierelemente 18 definiert werden, wobei an den inneren, einander benachbarten Enden der Auflageflächen 21 hochstehende Anschläge 22, 23 für die Peltierelemente 18 vorgesehen sind. Beim  
 45 dargestellten Ausführungsbeispiel sind jeweils zwei Blöcke von Peltierelementen 18 übereinander gestapelt auf den Auflageflächen 20 angeordnet. Die Wärmeabgebende oder "warme" Seite der Peltierelemente 18 liegt hierbei an den beiden Auflageflächen 21 an, wogegen die Wärme-aufnehmende oder "kalte" Seite der Peltierelemente 18 an zwei Kühlbacken 24, 25 anliegt, welche die Peltierelemente 18 in ihrer Lage fixieren und deren Form im Detail aus den Fig.7A bis 7C und 8A bis 8C ersichtlich ist.

50 Wie insbesondere den Vorderansichten nach Fig.7B und 8B zu entnehmen ist, sind die Kühlbacken 24 und 25 ungefähr keilförmig, mit einem Seitenwinkel von beispielsweise 45°, ausgebildet, so daß sie im montierten Zustand den V-förmigen Einschnitt mit dem Scheitelwinkel von 90° des Körpers 19 ausfüllen. Die in Fig.2 rechts der Mittellinie L angeordnete Kühlbacke 25 weist einen Nasenfortsatz 26 (s. Fig.8B) auf, der die links der Mittellinie L angeordnete Kühlbacke 24 übergreift und mit seiner Unterseite am Laserkristall 5 (s. außer Fig.2 und 3 auch Fig.9) anliegt, der in einer abgestuften Ausnehmung 27 der Kühlbacke 24  
 55 aufliegt (s. Fig.7B). Der Laserkristall 5 hat die Form eines Parallelepipeds, dessen optische Hauptachse parallel zur Mittellinie L ausgerichtet ist, und dessen Endflächen einen Winkel von z.B. ca. 60° zur Hauptachse einnehmen.

Aus der Draufsicht auf die Kühlbacke 25 nach Fig.8A ist ersichtlich, daß der auf dem Laserkristall 5 aufliegende Nasenfortsatz 26 ebenfalls schräg unter einem Winkel von  $60^\circ$  verläuft, wobei in Fortsetzung der in Fig.8A oberen Kante des Nasenfortsatzes 26 die Kühlbacke 25 eine abgestufte Ausnehmung 28 aufweist, deren Grenzfläche ebenfalls unter einem Winkel von  $60^\circ$  zur Mittellinie L verläuft.

5 In gleicher Weise weist die Kühlbacke 24 ebenfalls - in gedachter Fortsetzung des Nasenfortsatzes 26, s. auch Fig.2 und Fig.7A - eine abgestufte Ausnehmung 29 auf, die ebenfalls schräg zur Mittellinie L unter einem Winkel von  $60^\circ$  verläuft.

Die Tiefe  $T_1$  der Abstufung 28 in der Kühlbacke 25 und der Abstufung 29 in der Kühlbacke 24 ist gleich groß, aber größer als die Tiefe  $T_2$  der Abstufung 27 in der Kühlbacke 24. Die Höhe H des Nasenfortsatzes 10 26 entspricht der Tiefe  $T_2$  der Abstufung 27, vermindert um die Dicke des Laserkristalls 5.

Somit wird durch die abgestuften Ausnehmungen 28, 29 der Kühlbacken 25, 24 ein freier Raum für den jeweiligen Laserstrahl 2 (s. Fig.2) geschaffen, der über die freiliegenden Endflächen des Laserkristalls 5 in diesen ein- und aus diesem austreten kann.

Für den Durchtritt des Laserstrahls 2 sind am Rohrgehäuse 9 des Behälters 8 auf gegenüberliegenden 15 Seiten Rohrstützen 30, 31 angebracht, die an ihren äußeren Enden mit Fenstern 32, 33 abgeschlossen sind, wobei die Fenster 32, 33 unter einem Winkel entsprechend den Brewsterwinkel (z.B.  $56^\circ$ ) relativ zur Hauptachse des Laserstrahls 2 angebracht sind, um Reflexionen auszuschalten.

Die etwas größere Kühlbacke 25 weist zwei zur Mittellinie L parallel verlaufende Nuten oder Einfräsungen 34, 35 auf, die zur Aufnahme von Befestigungsschrauben 36, 37 dienen, wobei die Köpfe der 20 Schrauben 36, 37 in Langloch-förmigen Ansenkungen 38, 39 in der Kühlbacke 25 versenkt angeordnet sind. Die Enden der Schrauben 36, 37 sind in Gewindesackbohrungen 40 im Kühlsockel 13 eingeschraubt (s. Fig.2). Die andere Kühlbacke 24 wird von der so befestigten größeren Kühlbacke 25 über den Laserkristall 5 festgehalten.

Zur Evakuierung des Behälters 8 ist am Rohrgehäuse 9 ein nach außen abgewinkelter Rohranschluß 41 25 vorgesehen. Über eine ebenfalls im Rohrgehäuse 9 angebrachte Kabeldurchführung oder einen vakuumdichten Anschlußstecker 42 erfolgt die Stromversorgung für die Peltierelemente 18. Der Evakuier-Rohranschluß 41 kann z.B. nach dem Evakuieren dicht verschlossen werden. Falls die Dichtheit des gekapselten Behälters 8 nicht über längere Zeiträume aufrechterhalten werden kann, wobei der optische Verstärker weiter in Betrieb ist, so kann auch zwischendurch immer wieder eine an den Rohranschluß 41 angeschlos- 30 sene Pumpe (nicht gezeigt) in Betrieb gesetzt werden, um den Behälter 8 - beispielsweise auf einen Druck von einigen 10 mbar - zu evakuieren.

Wie aus der Detaildarstellung nach Fig.9 hervorgeht, ist der Laserkristall 5 über Folien 43, 44 aus Indium zwischen den abgestuften Ausnehmungen 28, 29 bzw. dem Nasenfortsatz 36 der beiden Kühlbacken 24, 25 eingebettet, wodurch ein guter Wärmeübergang zwischen dem Laserkristall 5 und den 35 Kühlbacken 24, 25 resultiert.

Anstelle einer Evakuierung des Behälters 8 könnte auch eine Bestückung (d.h. Anbringung der Peltierelemente und des Laserkristalls) in einem Reinraum erfolgen, wonach der Behälter 8 unter Anbringung einer an sich bekannten Trocknungssubstanz, wie Silikagel, beispielsweise neben den Kühlbacken 24, 25, dicht verschlossen wird. Dadurch wird ebenfalls das Absetzen von Partikeln und Kondenswassertröpfchen am Laserkristall 5 verhindert. 40

Eine modifizierte Bauform der Kühlvorrichtung könnte weiters auch darin bestehen, den Laserkristall 5 sandwichartig zwischen oberen und unteren Peltierelementen anzubringen, an deren äußeren, d.h. oberen bzw. unteren, vom Laserkristall 5 abgewandten Seiten je ein - z.B. plattenförmiger - Kühlsockel anliegt.

Es ist auch möglich und vielfach zweckmäßig, die Temperatur des Laserkristalls 5 im Betrieb in an sich 45 bekannter Weise zumindest zu überwachen, vorzugsweise zu regeln; zu diesem Zweck kann in einer der Kühlbacken, z.B. 25, ein Thermofühler eingesetzt werden (nicht dargestellt) der mit einem Temperaturüberwachungs- oder -Regel-Schaltkreis verbunden wird. In Fig.8A ist eine Bohrung 45 gezeigt, in die ein solcher, an sich herkömmlicher Temperaturfühler eingesetzt werden kann.

## 50 Patentansprüche

1. Kühlvorrichtung mit Peltierelementen für einen thermisch hoch belasteten Laserkristall, von dem Laserstrahlen, insbesondere Laserpulse, erhalten werden, vorzugsweise für den Laserkristall eines optischen Verstärkers oder Oszillators, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laserkristall (5) zusammen 55 mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen (18) in an sich bekannter Weise in einem gekapselten Behälter (8) untergebracht ist, daß das Innere des Behälters (8) evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und daß der Behälter (8) zumindest ein Brewster-Fenster (32, 33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) aufweist, das unter einem Winkel entsprechend

dem Brewsterwinkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.

2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Peltierelemente (18) in an sich bekannter Weise gestapelt vorgesehen sind.
3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Laserkristall (5) zwischen gut wärmeleitenden Kühlbacken (24, 25) gehalten ist, an denen die Peltierelemente (18) anliegen.
4. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlbacken (24, 25) den Laserkristall (5) an vier Seiten formschlüssig umgreifen und festhalten.
5. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine (35) von zwei an gegenüberliegenden Seiten am Laserkristall (5) anliegenden Kühlbacken (24, 25) einen den auf der anderen Kühlbacke (24) aufliegenden Laserkristall (5) übergreifenden Nasenfortsatz (26) aufweist und die Kühlbacken in Laserstrahlrichtung vor bzw. hinter dem Laserkristall mit Ausnehmungen (28, 29) für den Durchlaß der Laserstrahlen (2) versehen sind.
6. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Peltierelemente (18) an der von den Kühlbacken (24, 25) abgewandten warmen Seite an einem Kühlsockel (13) anliegen.
7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlsockel (13) flüssigkeitsgekühlt ist.
8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlsockel (13) durch einen außen zumindest im wesentlichen zylindrischen Körper (19) mit einem V-förmigen Einschnitt (20) an einer Stirnseite gebildet ist, der die Peltierelemente (18) sowie die Kühlbacken (24, 25) mit dem Laserkristall (5) aufnimmt.
9. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der V-förmige Einschnitt (20) einen Scheitelwinkel von 90° aufweist.
10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der V-förmige Einschnitt (20) schräge Auflageflächen (21) für die Peltierelemente (18) definiert und an den inneren, einander benachbarten Enden der Auflageflächen (21) von diesen hochstehende Anschläge (22, 23) für die Peltierelemente (18) vorgesehen sind.
11. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Behälter (8) ein mit einem Deckel (12) verschlossenes Rohrgehäuse (9) aufweist.
12. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10 und nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlsockel (13) an seiner von den Peltierelementen (18) abgewandten Stirnseite mit einem Flansch (13a) versehen ist, mit dem das Rohrgehäuse (9) dicht verbunden ist.
13. Kühlvorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kühlsockel (13) im Bereich des Flansches (13a) mit Bohrungen (15) für den Durchfluß der Kühlflüssigkeit versehen ist.
14. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der gekapselte Behälter (8) vorzugsweise an einander gegenüberliegenden Seiten mit (je) einem von ihm abstehenden, dicht angebrachten Rohrstutzen (30, 31) versehen ist, der an seinem äußeren Ende mit dem Fenster (32, 33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) abgeschlossen ist.

Hiezu 8 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

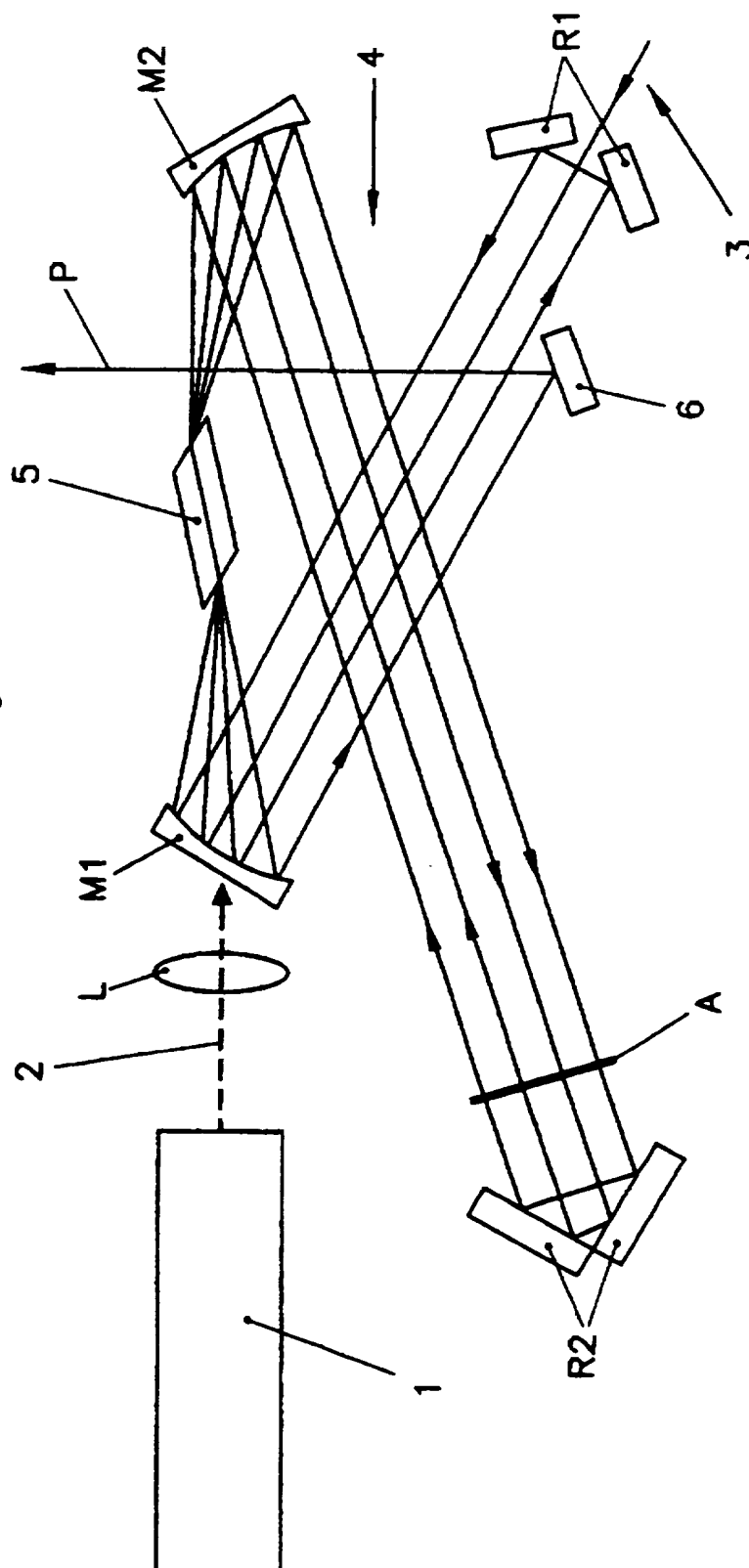




Fig. 2

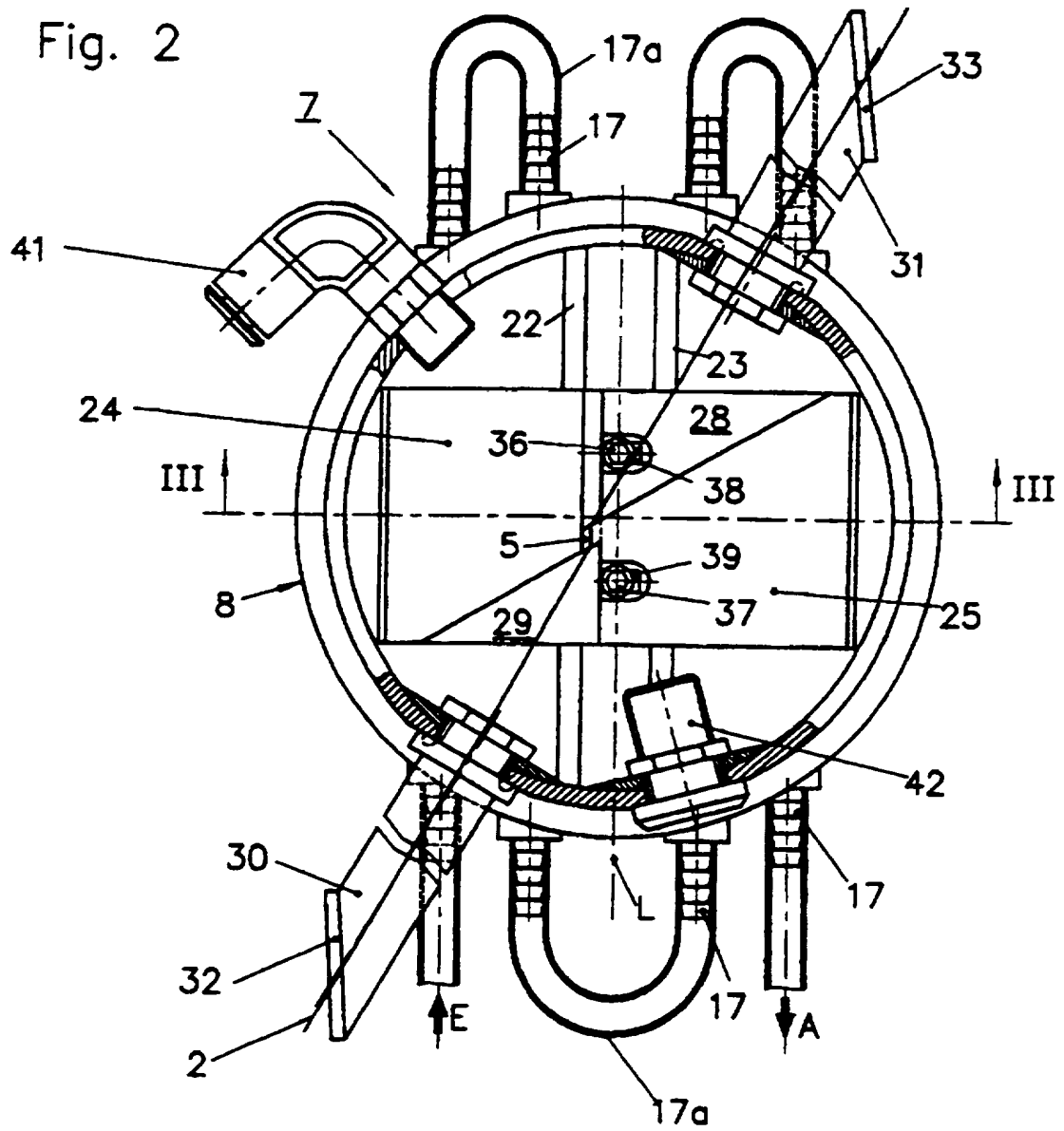


Fig. 3

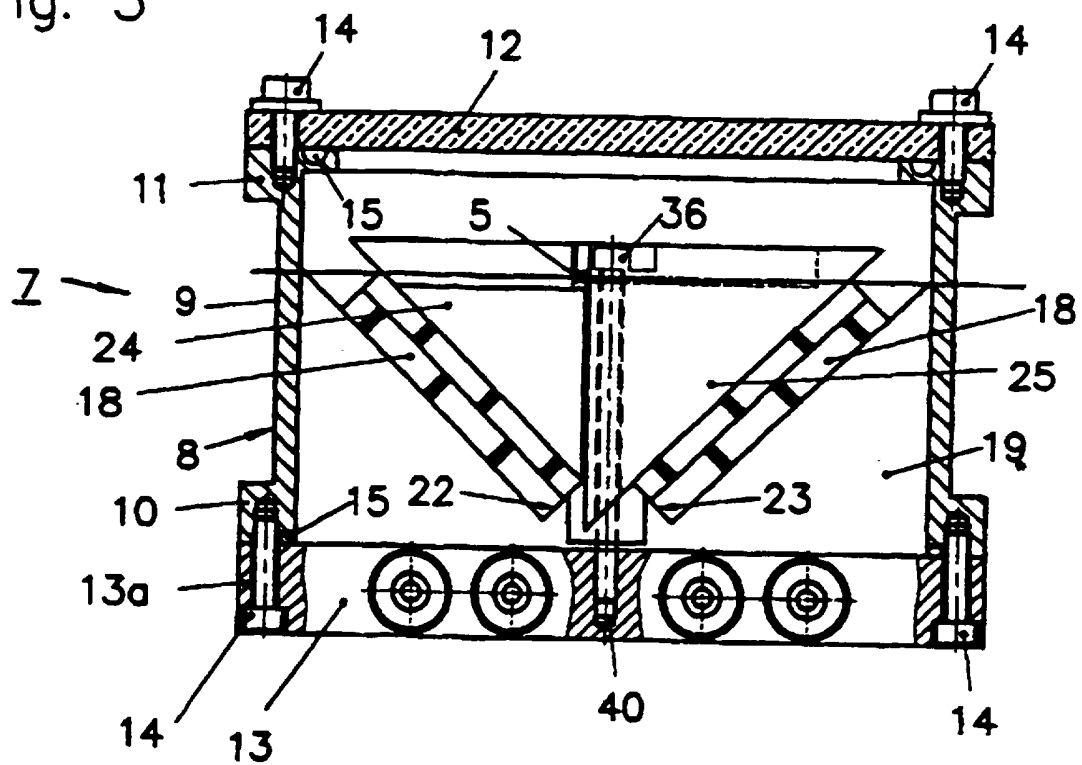


Fig. 5

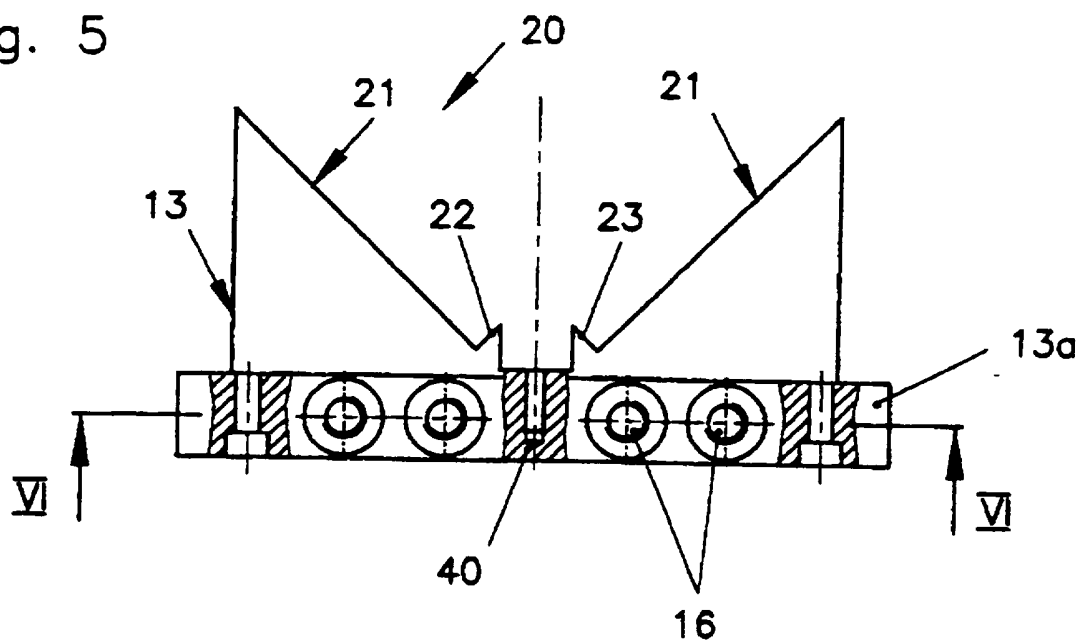


Fig. 4

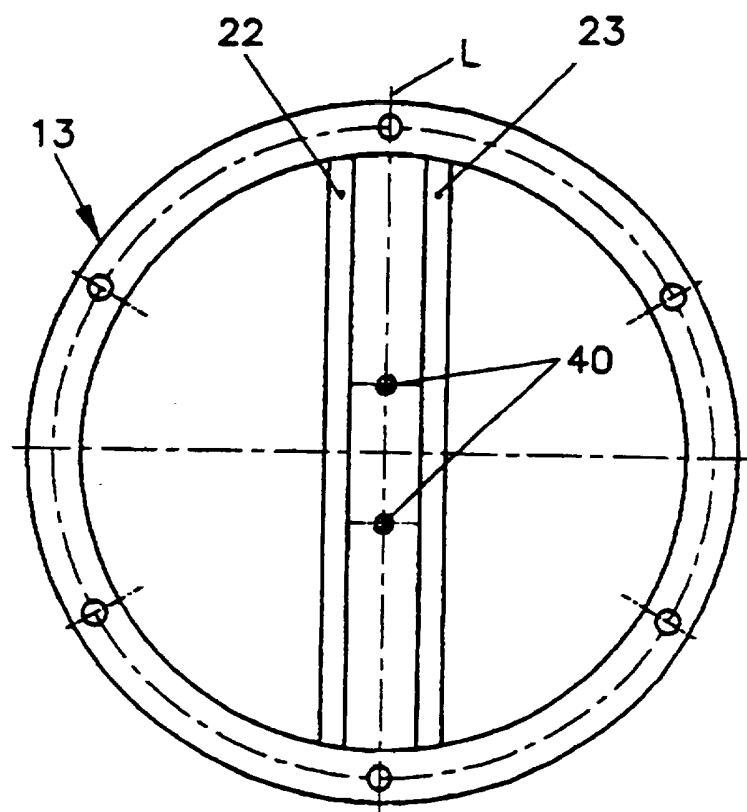


Fig. 6

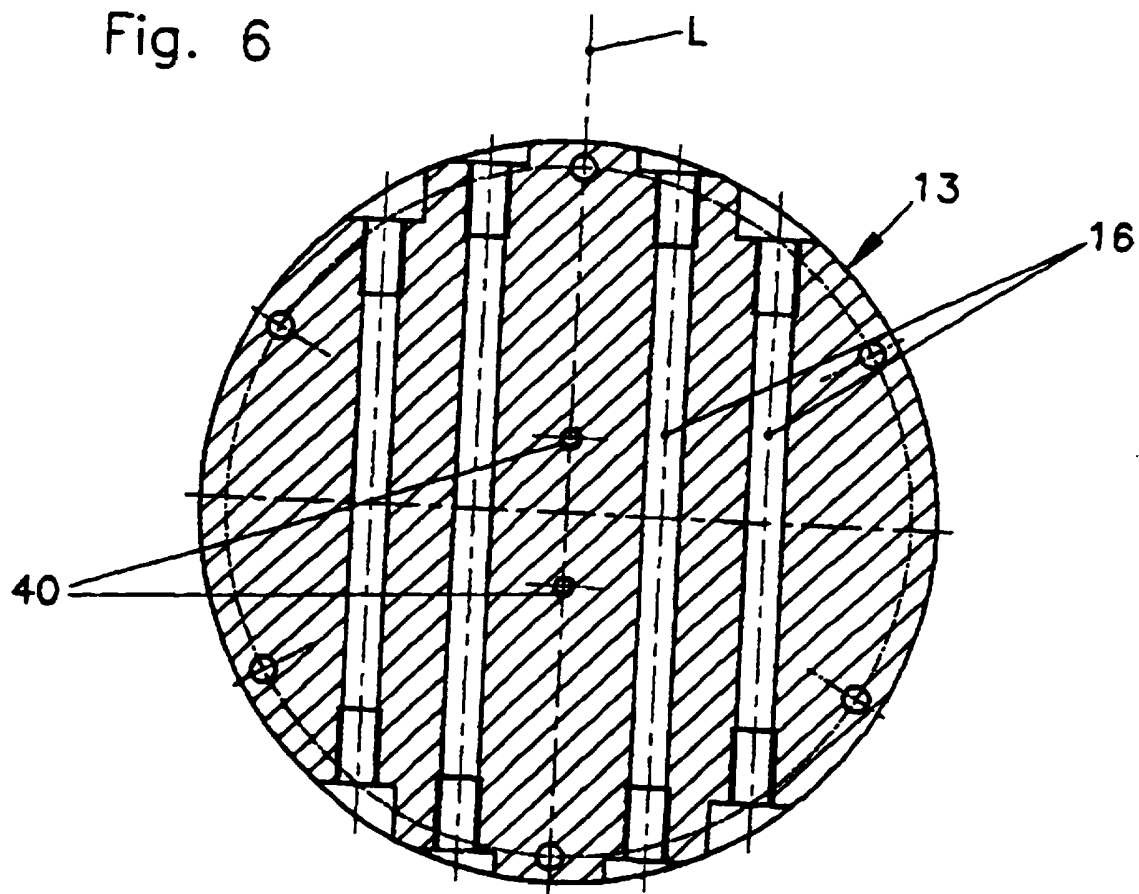


Fig. 7C

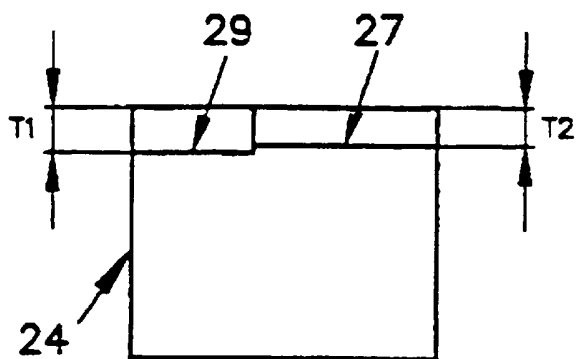


Fig. 7B

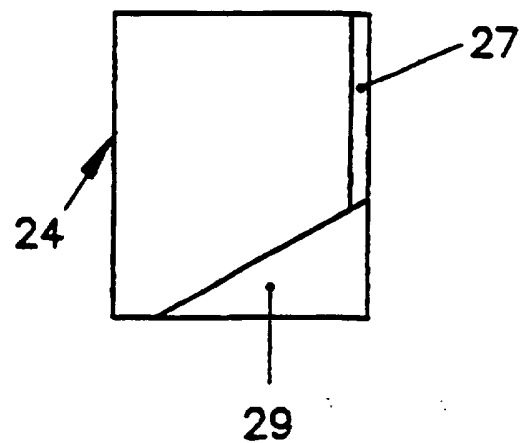
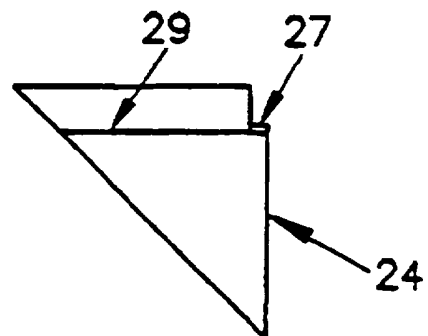


Fig. 7A

Fig. 8B

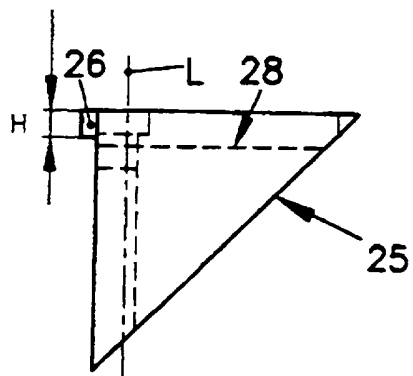


Fig. 8C

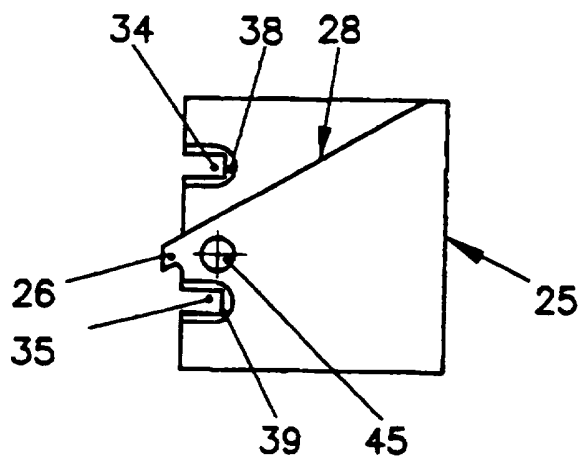
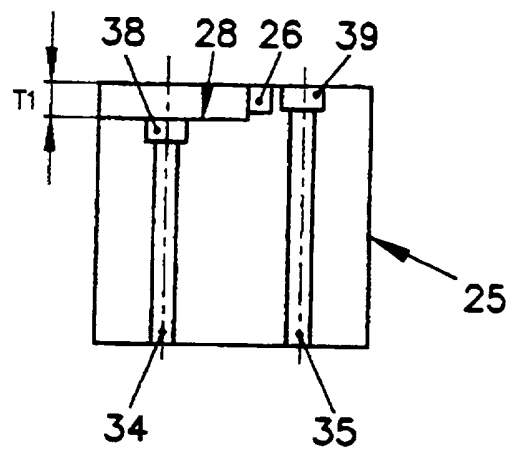


Fig. 8A

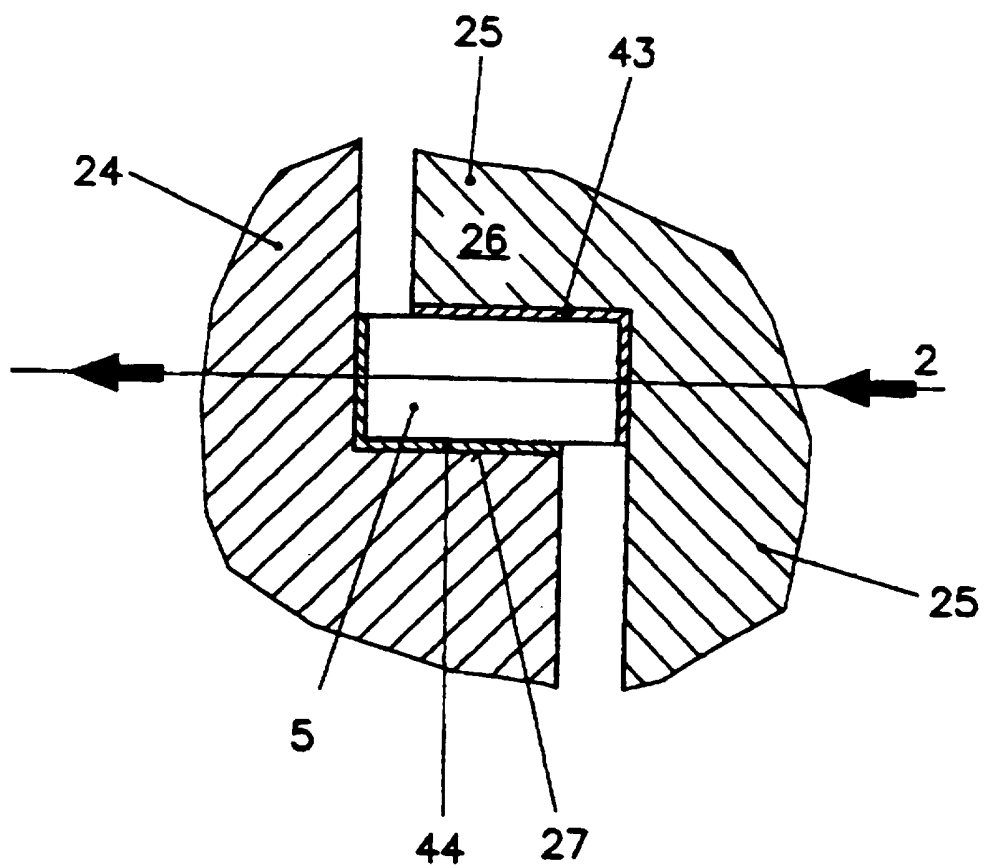


Fig. 9