

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **716 407 A2**

(51) Int. Cl.: **G01F 23/284** (2006.01)  
**G01S 13/10** (2006.01)  
**G01S 7/02** (2006.01)

**Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00772/20

(22) Anmeldedatum: 26.06.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.01.2021

(30) Priorität: 10.07.2019 US 16/507,672

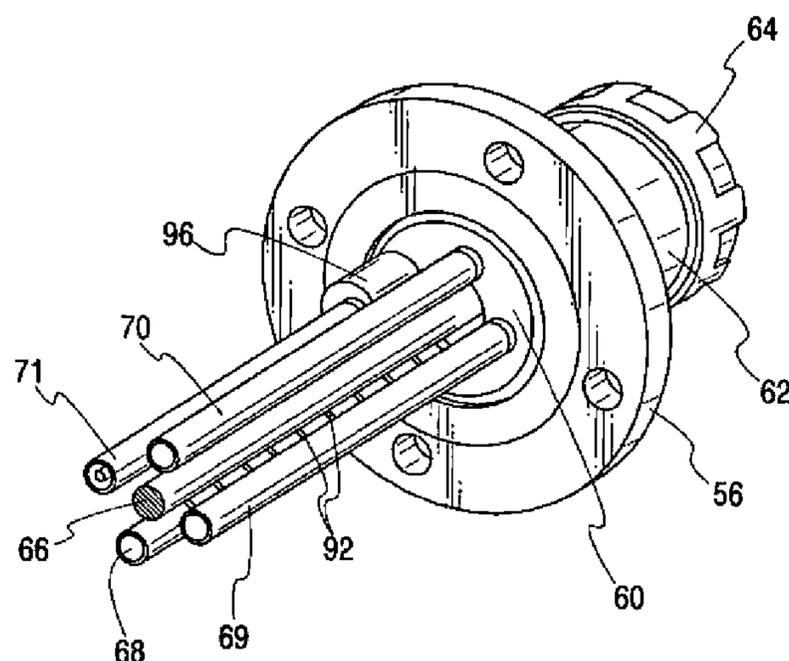
(71) Anmelder:  
Magnetrol International Incorporated,  
705 Enterprise Street  
60504-8149 Aurora (US)

(72) Erfinder:  
Paul G. Janitch, 60504-8149 Aurora (US)

(74) Vertreter:  
Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772  
8027 Zürich (CH)

(54) **GWR-Sonde zur Trennschichtmessung für viskose Fluide.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Sonde, die mit einem Füllstandmessinstrument verwendet wird, das eine Impulsschaltung zum Erzeugen von Impulsen beinhaltet. Ein Koaxialanschluss ist am Sondengehäuse (60) befestigt, so dass das Sondengehäuse (60) elektrisch mit der Erdungsabschirmung verbunden ist. Ein Mittelstab (66) weist ein oberes Ende auf, das in das Sondengehäuse aufgenommen wird und sich in ein Prozessfluid erstreckt. Der Mittelstab ist elektrisch mit dem Mittelanschluss zum Leiten der Impulse verbunden. Die Erdungsstäbe (68, 69, 70, 71) sind um den Mittelstab (66) verteilt und am Sondengehäuse (60) befestigt. Die Sonde stellt eine offene Konfiguration bereit, die weniger anfällig für Ablagerungen zwischen dem Mittelstab und den Erdungsstäben ist. Einer oder mehrere der Erdungsstäbe können durch Rohre, die mit einer Spülschnittstelle verbunden sind, mit Düsen zum Reinigen des Mittelstabes versehen sein. Ein weiterer Erdungsstab kann rohrförmig sein, um einen Leiter zu tragen, der zur Messung von unten nach oben mit der Unterseite des Mittelstabs verbunden ist.



## Beschreibung

### QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Es gibt keine verwandten Anmeldungen.

### STAATLICH GEFÖRDERTE FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

[0002] Nicht zutreffend.

### MIKROFICHE-/ COPYRIGHT-VERWEIS

[0003] Nicht zutreffend.

### GEBIET DER ERFINDUNG

[0004] Diese Erfindung bezieht sich auf Prozesssteuerinstrumente und insbesondere auf eine Wellenleiter-Radarsonde zur Verwendung in Trennschicht-Messanwendungen und für viskose Fluide.

### HINTERGRUND

[0005] Prozesssteuersysteme erfordern die genaue Messung von Prozessgrößen. Typischerweise erfasst ein primäres Element den Wert einer Prozessgröße und ein Messumformer entwickelt eine Ausgabe, deren Wert in Abhängigkeit von der Prozessgröße variiert. Beispielsweise beinhaltet ein Füllstandsmessumformer ein primäres Element zum Erfassen des Füllstands und eine Schaltung zum Entwickeln eines elektrischen Signals, das proportional zum erfassten Füllstand ist.

[0006] Kenntnisse über den Füllstand in industriellen Prozesstanks oder Behältern sind seit langem für den sicheren und kostengünstigen Betrieb von Anlagen erforderlich. Es gibt viele Technologien zum Durchführen von Füllstandsmessungen. Diese beinhalten Auftrieb, Kapazitätsmessung, Ultraschall- und Mikrowellenradar, um nur einige zu nennen. Jüngste Fortschritte beim Mikroleistungsimpulsradar (MIR, micropower impulse radar), auch als Ultrabreitbandradar (UWB, ultra-wide-band radar) bekannt, ermöglichen in Verbindung mit Fortschritten bei der Echtzeitabtastung (ETS, equivalent time sampling) die Entwicklung von Zeitbereichsreflektometrie-(TDR-) Instrumenten mit geringer Leistung und niedrigen Kosten.

[0007] In einem TDR-Instrument wird ein sehr schneller Impuls mit einer Anstiegszeit von 500 Pikosekunden oder weniger über eine Sonde übertragen, die als Übertragungsleitung in einem Behälter dient. Der Impuls wird durch eine Diskontinuität reflektiert, die durch einen Übergang zwischen zwei Medien verursacht wird. Bei Füllstandsmessungen ist dieser Übergang typischerweise dort, wo die Luft und das zu messende Material zusammentreffen. Diese Instrumente sind auch als Wellenleiterradar-(GWR-)Messinstrumente bekannt.

[0008] Ein von GWR-Füllstandmessinstrumenten verwendeter Sondentyp ist eine Koaxialsonde. Die Koaxialsonde besteht aus einem Außenrohr und einem Innenleiter. Wenn eine Koaxialsonde in das zu messende Fluid eingetaucht wird, befindet sich oberhalb der Fluidoberfläche ein Abschnitt mit konstanter Impedanz, im Allgemeinen Luft. An der ebenen Oberfläche entsteht eine Impedanzdiskontinuität aufgrund der Änderung der Dielektrizitätskonstante des Fluids gegenüber Luft an diesem Punkt. Wenn das GWR-Signal auf eine Impedanzdiskontinuität in der Übertragungsleitung trifft, wird ein Teil des Signals in Übereinstimmung mit der Theorie, die auf den Maxwell'schen Gesetzen basiert, zur Quelle zurückreflektiert. Das GWR-Instrument misst die Laufzeit des elektrischen Signals zu diesem reflektierenden Punkt, der die Fluidoberfläche ist, und zurück, um den Fluidfüllstand zu finden.

[0009] GWR-Sonden werden häufig in Tanks verwendet, in denen mehrere Fluidschichten vorhanden sein können, oder in Anwendungen mit hochviskosen Fluiden. Ein Beispiel für eine solche Anwendung findet sich in der Öl- und Gasindustrie. Bohrlochfluid, das Rohöl, Wasser, Sand und andere Verunreinigungen enthält, gelangt als Gemisch in einen Separatortank. Dies wird in FIG. 1 allgemein veranschaulicht. Die Fluide schichten sich über die Dichteveränderungen von Gasen oben, Öl in der Mitte und Wasser unten. Die Feststoffe sinken auf den Boden des Tanks oder werden an einer Trennschicht zwischen benachbarten Schichten aufgehängt. Zwischen den Schichten bildet sich eine Emulsionsschicht, die aus einer Mischung aus Wasser und Öl besteht, während sich der Schichtbildungsprozess stabilisiert. Nach einer gewissen Zeit können die Komponenten durch Wehre oder andere Mittel getrennt werden.

[0010] Das Ziel der GWR-Sonde bei solchen Anwendungen ist die genaue Messung mehrerer Füllstände, einschließlich der Oberseite der Ölschicht, der Unterseite der Ölschicht (d. h. der Oberseite der Emulsionsschicht) und der Oberseite der Wasserschicht (d. h. der Unterseite der Emulsionsschicht). Es gibt mehrere Schwierigkeiten bei der Verwendung von GWR-Messinstrumenten in Trennschichtanwendungen oder bei viskosen Fluiden. GWR wird häufig zum Messen von Fluidtrennschicht-Füllständen verwendet, bei denen die ungleichen dielektrischen Eigenschaften benachbarter Schichten eine Reflexion des übertragenen Signals an der Grenzfläche erzeugen. Die Trennschichterkennung wird jedoch schwieriger, wenn eine dicke Emulsionsschicht vorhanden ist und sich die dielektrischen Eigenschaften des Fluids allmählich ändern. Es wurde beobachtet, dass ein kleiner Prozentsatz von Wasser im Öl einen signifikanten Unterschied in den dielektrischen Eigenschaften im Vergleich zu Öl allein erzeugt. Ein kleiner Prozentsatz des Öls im Wasser verhält sich ähnlich wie Wasser allein. Daher ist es schwieriger, die Trennschicht zwischen Wasser und einer Emulsion von Wasser mit einem geringen Anteil an Öl zu erkennen als die Trennschicht zwischen Öl und einer Emulsion von Öl mit einem

geringen Anteil an Wasser. Daher ist es schwieriger, die Unterseite der Emulsionsschicht zu erkennen als die Oberseite der Emulsionsschicht.

[0011] Außerdem können einige Komponenten des Rohöls hochviskos oder klebrig sein und in einer koaxialen GWR-Sonde Ablagerungen verursachen. Übermäßige Ablagerungen in der Sonde können zu Messfehlern führen oder die Sonde gänzlich am Betrieb hindern. Zusätzlich wird die übertragene Energie in den Öl- und Emulsionsschichten absorbiert. Dies erschwert die Erkennung der Unterseite der Emulsion.

[0012] Die vorliegende Erfindung ist darauf ausgerichtet, eines oder mehrere der vorstehend erörterten Probleme auf neuartige und einfache Weise zu lösen.

#### KURZDARSTELLUNG

[0013] Wie hierin beschrieben, wird eine Sonde zur Verwendung in der Trennschichtmessung und zur Verwendung mit viskosen Fluiden angepasst.

[0014] In Übereinstimmung mit einem Aspekt definiert eine Sonde eine Übertragungsleitung zur Verwendung mit einem Messinstrument, das eine mit der Sonde verbundene Impulsschaltung zum Erzeugen von Impulsen auf der Übertragungsleitung und zum Empfangen reflektierter Impulse auf der Übertragungsleitung beinhaltet. Die Sonde umfasst einen Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter. Ein zylindrisches Sondengehäuse erstreckt sich über den Prozessanschluss. Ein Koaxialanschluss weist einen Mittelanschluss und eine Erdungsabschirmung zum Anschluss an die Impulsschaltung auf. Der Koaxialanschluss ist am Sondengehäuse befestigt, so dass das Sondengehäuse elektrisch mit der Erdungsabschirmung verbunden ist. Ein länglicher Mittelstab weist ein oberes Ende auf, das koaxial im Sondengehäuse aufgenommen wird und sich vom Prozessanschluss nach unten in ein Prozessfluid erstreckt. Der Mittelstab ist elektrisch mit dem Mittelanschluss zum Leiten der Impulse verbunden. Mindestens drei langgestreckte Erdungsstäbe sind in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken. Die Sonde stellt eine offene Konfiguration bereit, die weniger anfällig für Ablagerungen zwischen dem Mittelstab und den Erdungsstäben ist.

[0015] Es ist ein Merkmal, dass der Mittelstab einen Metallstab mit einer Fluorkohlenstoff-Außenhülle umfasst.

[0016] Ein weiteres Merkmal ist, dass die Erdungsstäbe Metallrohre umfassen. Das Sondengehäuse kann eine Spülschnittstelle umfassen, die mit einem oder mehreren Kanälen im Sondengehäuse in Verbindung steht, und einer oder mehrere der Erdungsstäbe münden in einen oder mehrere der Kanäle. Der eine oder mehrere der Erdungsstäbe umfassen mehrere Sprühdüsen, die auf den Mittelstab gerichtet sind.

[0017] Ein weiteres Merkmal ist, dass einer der Erdungsstäbe ein Rohr und ferner ein elektrisches Kabel mit einem Koaxialanschluss im Sondengehäuse an einem oberen Ende zum Anschluss an die Sondenschaltung umfasst und das Kabel durch das Rohr verläuft und mit einem unteren Ende des Mittelstabs zur Messung von unten nach oben verbunden ist.

[0018] Es ist ein weiteres Merkmal, dass ein zylindrisches, unteres Gehäuse die Unterseite des Mittelstabes aufnimmt. Eine Stiftanordnung weist einen mit dem Mittelstab verbundenen Stift und eine im unteren Gehäuse aufgenommene Buchse zum Anschluss an einen Koaxialanschluss am unteren Ende des Kabels.

[0019] Ein weiteres Merkmal ist das Bereitstellen von vier länglichen Erdungsstäben, die in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt sind, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken.

[0020] In Übereinstimmung mit einem weiteren Aspekt wird eine Sonde beschrieben, die einen Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter umfasst. Ein zylindrisches Sondengehäuse erstreckt sich über den Prozessanschluss. Für den Anschluss an die Impulsschaltung ist am Sondengehäuse ein Anschlussstecker befestigt. Ein länglicher Mittelstab weist ein oberes Ende auf, das koaxial im Sondengehäuse aufgenommen wird und sich vom Prozessanschluss nach unten in ein Prozessfluid erstreckt. Der Mittelstab ist elektrisch mit dem Anschlussstecker zum Leiten der Impulse verbunden. Mehrere langgestreckte, rohrförmige Erdungsstäbe sind in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken. Das Sondengehäuse umfasst eine Spülschnittstelle, die mit einem oder mehreren Kanälen im Sondengehäuse in Verbindung steht, und einer oder mehrere der rohrförmigen Erdungsstäbe münden in einen oder mehrere Kanäle. Der eine oder mehrere der rohrförmigen Erdungsstäbe umfassen mehrere Sprühdüsen, die auf den Mittelstab gerichtet sind.

[0021] Es ist ein Merkmal, dass das Sondengehäuse eine Durchgangsöffnung aufweist, die sich am oberen Ende des Gehäuses erweitert, um eine Schulter zu definieren, und ein ringförmiger Kanal die Durchgangsöffnung oberhalb der Schulter umgibt. Die Spülschnittstelle befindet sich in einer Seite des Gehäuses und mündet in den Ringkanal, und der eine oder mehrere vertikale Kanäle im Sondengehäuse stehen mit dem Ringkanal in Verbindung. Der eine oder die mehreren rohrförmigen Erdungsstäbe werden mit dem einen oder den mehreren vertikalen Kanälen ausgerichtet.

[0022] Ein weiteres Merkmal ist, dass eine Stopfbuchsendurchführung im oberen Ende des Sondengehäuses aufgenommen wird und auf der Schulter ruht, um den Mittelstab im Sondengehäuse aufzunehmen.

[0023] In Übereinstimmung mit einem weiteren Aspekt wird eine Sonde mit einem Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter offenbart. Ein zylindrisches Sondengehäuse erstreckt sich über den Prozessanschluss. Für den

Anschluss an die Impulsschaltung ist am Sondengehäuse ein Anschlussstecker befestigt. Ein länglicher Mittelstab weist ein oberes Ende auf, das koaxial im Sondengehäuse aufgenommen wird und sich vom Prozessanschluss nach unten in ein Prozessfluid erstreckt. Der Mittelstab ist elektrisch mit dem Anschlussstecker zum Leiten der Impulse verbunden. Mehrere langgestreckte Erdungsstäbe sind in einem Abstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken. Einer der Erdungsstäbe ist rohrförmig und nimmt ein elektrisches Kabel mit einem Koaxialanschluss im Sondengehäuse an einem oberen Ende zum Anschluss an die Sondenschaltung auf und das Kabel verläuft durch den rohrförmigen Erdungsstab und ist mit einem unteren Ende des Mittelstabs zur Messung von unten nach oben verbunden.

[0024] Weitere Merkmale und Vorteile ergeben sich aus einer Überprüfung der gesamten Patentschrift, einschließlich der beigefügten Ansprüche und Zeichnungen.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] FIG. 1 ist eine Schnittansicht eines Prozessbehälters mit einem Wellenleiterradar-(GWR-)Messinstrument mit einer Sonde zum Füllstandmessen in Tanks mit mehreren Fluidschichten und/oder hochviskosen Fluiden;

[0026] FIG. 2 ist eine verallgemeinerte Ansicht des in FIG. 1 verwendeten GWR-Messinstruments;

[0027] FIG. 3 ist eine Seitenansicht der GWR-Sonde;

[0028] FIG. 4 ist eine perspektivische Schnittansicht der Oberseite der GWR-Sonde;

[0029] FIG. 5 ist eine Schnittansicht entlang der Linie 5-5 von FIG. 6;

[0030] FIG. 6 ist eine Schnittansicht der Seitenansicht der GWR-Sonde;

[0031] FIG. 7 ist eine Seitenansicht, ähnlich wie FIG. 6, im Schnitt dargestellt;

[0032] FIG. 8 ist eine perspektivische Ansicht einer Sondenoberseitenanordnung.

[0033] FIG. 9 ist eine perspektivische Ansicht eines vergossenen Schaltungsmoduls von unten;

[0034] FIG. 10 ist eine Seitenansicht der Sondenoberseite, die das auf der Sondenoberseite montierte vergossene Modul zeigt;

[0035] FIG. 11 ist eine Schnittansicht der Sondenoberseite von FIG. 10; und

[0036] FIG. 12 ist eine Schnittansicht der Sondenunterseite.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0037] Unter Bezugnahme auf FIG. 1 ist zunächst ein Prozessinstrument 20 in Form eines Wellenleiterradar-(GWR-)Füllstandmessinstruments dargestellt, das an einem Prozessbehälter 22 verwendet wird. Der Prozessbehälter 22 ist ein Beispiel und umfasst in der veranschaulichten Ausführungsform einen Separatortank 24 mit einem Einlass 26 zum Aufnehmen von strömendem Bohrlochfluid. Der Tank 24 beinhaltet ein Wehr 30, das sich von einer Unterseite des Tanks 24 nach oben erstreckt. Ein Wasserauslass 32 befindet sich auf der Unterseite des Tanks 24 auf der Einlassseite des Wehrs 30. Ein Ölauslass 34 befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite des Wehrs 30. An der Oberseite des Tanks 24 ist ein Gasauslass 36 bereitgestellt. Das Prozessinstrument 20 umfasst eine Sonde 42, die sich in einen Innenraum 44 des Tanks 24 erstreckt.

[0038] Die Steuerschaltung des Prozessinstruments 20 kann viele verschiedene Formen annehmen. Diese Anwendung ist insbesondere auf die Sonde 42 gerichtet, wie nachstehend beschrieben. Es sei darauf hingewiesen, dass in FIG. 1 und FIG. 2 der Abschnitt der Sonde 42, der sich in den Tank 24 erstreckt, in gestrichelten Linien dargestellt ist, wie in anderen Figuren detailliert dargestellt.

[0039] Wie bereits beschrieben, kann das am Einlass 26 bereitgestellte Bohrlochfluid Rohöl, Wasser, Sand und andere Verunreinigungen enthalten. Die Fluide schichten sich so, dass eine Ölschicht 46 und eine Wasserschicht 48 entstehen, die durch eine Emulsion 50 getrennt sind. Das Wasser befindet sich links vom Wehr 30 in der in FIG. 1 gezeigten Ausrichtung und kann über den Wasserauslass 32 selektiv abgeführt werden. Öl in der Ölschicht 46, das sich auf einem höheren Niveau als das Wehr 30 befindet, kann rechts vom Wehr 30 abfallen und wie üblich über den Ölauslass 34 selektiv entfernt werden. Das Prozessinstrument 20 ist besonders geeignet, die Oberseite der Ölschicht 46, die Unterseite der Ölschicht 46 und die Oberseite der Wasserschicht 48 zu messen.

[0040] Die Sonde 42 ist an die vorstehend genannten Hindernisse angepasst. Eine herkömmliche Koaxialsonde neigt beim Einsatz in viskosen Fluiden dazu, Produktablagerungen einzuschließen. Wie hierin beschrieben, wird das herkömmliche Außenrohr einer Koaxialsonde durch Erdungsstäbe ersetzt, um eine offene Konfiguration zu schaffen, die weniger anfällig für Ablagerungen zwischen dem Mittelstab und den Erdungsstäben ist.

[0041] Das Prozessinstrument 20 verwendet Pulsradar in Verbindung mit Echtzeitabtastung (ETS) und Ultrabreitband-(UWB-)Transceivern zum Füllstandmessen mittels Zeitbereichsreflektometrie (TDR). Insbesondere verwendet das Instrument 20 einen Wellenleiterradar zum Erfassen des Füllstands. Während sich die hierin beschriebene Ausführungsform

auf ein Füllstandmessinstrument mit Wellenleiterradar bezieht, können verschiedene Aspekte der Erfindung mit anderen Arten von Prozessinstrumenten zum Messen verschiedener Prozessparameter verwendet werden.

**[0042]** Die Sonde 42 ist in der Lage, Signale von beiden Enden zu senden und zu empfangen, wenn sie in Verbindung mit einer Signalschaltung mit zwei TDRs verwendet wird. Eine „Top-down“-Schaltung sendet ein Signal von oben nach unten an die Sonde 42 und erkennt Signale, die nach oben zurückreflektiert werden. Eine „Bottom-Up“-Schaltung sendet ein Signal von unten nach oben an die Sonde 42 und erkennt Signale, die zurück zur Unterseite reflektiert werden. Die Fähigkeit, von unten nach oben zu übertragen, hat den Vorteil einer verbesserten Erkennung der Emulsionsschichtunterseite. Ein solches System wird in der am 18. Februar 2019 ebenfalls anhängigen Patentanmeldung Nr. 16/278,368 des Antragstellers beschrieben, dessen Patentschrift Unter Bezugnahme hierin aufgenommen wird. Das Übertragungskabel für die „Bottom-Up“-Übertragungsleitung verläuft durch einen der Erdungsstäbe, der, wie nachstehend beschrieben, rohrförmig ist.

**[0043]** Die Sonde 42 weist einen Mittelstab auf, der aus rostfreiem Stahl oder einem anderen Metall bestehen kann. Nickellegierungen, wie etwa Hastelloy oder Inconel, können für die Korrosionsbeständigkeit verwendet werden. Der Stab weist eine PFA-Hülse auf. Andere Fluorkohlenstoffmaterialien, wie etwa PTFE, oder andere elektrisch isolierende Beschichtungen können verwendet werden. Der Zweck besteht darin, eine maximale Signaldurchdringung durch den Prozess zu ermöglichen, wie im U.S. Patent 9,360,361 des Anmelders beschrieben.

**[0044]** Wie nachstehend beschrieben, können die Erdungsstäbe rohrförmig sein. In der veranschaulichten Ausführungsform weisen zwei der Erdungsstäbe eine Reihe von gefrästen Bohrungen zum Erzeugen von Reinigungsdüsen auf. Diese Rohre befinden sich auf gegenüberliegenden Seiten des Mittelstabs, wobei die Reinigungsdüsen zum Mittelstab zeigen. Unter Druck stehendes Reinigungsfluid tritt in eine Spülschnittstelle in der Sondenoberseite ein, strömt durch interne Kanäle im Sondengehäuse und in die Erdungsstäbe des Spülrohrs. Das Fluid tritt aus den Erdungsstäben durch Düsen aus, wo es sprüht und den Mittelstab reinigt.

**[0045]** Unter Bezugnahme auf FIG. 2 beinhaltet das Prozessinstrument 20 ein Steuergehäuse 52, die Sonde 42 und ein Kabel 54 zum Anschließen der Sonde 42 an das Gehäuse 52. Die Sonde 42 wird mithilfe eines Prozessanschlusses, wie etwa eines Flansches 56, am Prozessbehälter 22 montiert. Alternativ könnte ein Prozessadapter verwendet werden. Das Gehäuse 52 ist von der Sonde 42 entfernt. Die Sonde 42 umfasst eine Hochfrequenzübertragungsleitung, die, wenn sie in ein Fluid eingebracht wird, zum Messen des Fluidfüllstands verwendet werden kann. Insbesondere wird die Sonde 42 von einer nicht abgebildeten Steuerung im Gehäuse 52 zum Bestimmen des Füllstands im Behälter gesteuert. Die Steuerung kann viele bekannte Formen annehmen. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf eine bestimmte Steuerung beschränkt.

**[0046]** Wie bekannt, veranlasst die Steuerung die Sonde 42 zum Erzeugen und Übertragen von Impulsen. Aus allen Impedanzänderungen, wie etwa der Fluidoberfläche des zu messenden Materials, wird ein reflektiertes Signal entwickelt. Eine geringe Energiemenge kann sich in der Sonde 42 fortsetzen.

**[0047]** Der Wellenleiterradar kombiniert TDR, ETS und Schaltungen mit geringer Leistung. TDR verwendet Impulse elektromagnetischer (EM) Energie, um Abstände oder Füllstände zu messen. Wenn ein Impuls eine dielektrische Diskontinuität erreicht, wird ein Teil der Energie reflektiert. Je größer die dielektrische Differenz, desto größer ist die Amplitude der Reflexion. Im Messinstrument 20 umfasst die Sonde 42 einen Wellenleiter mit einem Wellenwiderstand in Luft. Wenn ein Teil der Sonde 42 in ein anderes Material als Luft eingetaucht wird, ergibt sich aufgrund der Zunahme des Dielektrikums eine geringere Impedanz. Wenn der EM-Impuls die Sonde hinuntergeschickt wird und auf die dielektrische Diskontinuität trifft, wird eine Reflexion erzeugt.

**[0048]** ETS wird zum Messen der EM-Energie mit hoher Geschwindigkeit und geringer Leistung verwendet. Die Hochgeschwindigkeits-EM-Energie (1000 Fuß/Mikrosekunde) ist über kurze Entfernungen und mit der in der Prozessindustrie erforderlichen Auflösung schwer zu messen. ETS erfasst die EM-Signale in Echtzeit (Nanosekunden) und rekonstruiert sie in äquivalenter Zeit (Millisekunden), was viel einfacher zu messen ist. ETS wird durch Abtasten des Wellenleiters durchgeführt, um Tausende von Proben zu sammeln. Pro Sekunde werden etwa acht Abtastungen durchgeführt.

**[0049]** Die Sonde 42 verwendet eine Impulsschaltung 58, die in FIG. 7 in Blockschaltbildform dargestellt ist und von der Steuerung im Steuergehäuse 52 gesteuert wird, zum Erzeugen von Impulsen auf der Übertragungsleitung und zum Empfangen reflektierter Impulse auf der Übertragungsleitung, die Füllstände von Interesse repräsentieren.

**[0050]** Das allgemeine Konzept, das durch die ETS-Schaltung umgesetzt wird, ist bekannt. Die Impulsschaltung 58 erzeugt Hunderttausende von sehr schnellen Impulsen mit einer Anstiegszeit von 500 Pikosekunden oder weniger pro Sekunde. Die Zeit zwischen den Impulsen wird streng kontrolliert. Die reflektierten Pulse werden in kontrollierten Intervallen abgetastet. Die Abtastwerte bilden ein zeitmultipliziertes „Bild“ der reflektierten Impulse. Da sich diese Impulse auf der Sonde 42 mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, stellt dieses Bild für eine 1,5 m lange Sonde etwa zehn Nanosekunden in Echtzeit dar. Die Impulsschaltung 58 wandelt die Zeit in etwa einundsiebzig Millisekunden um. Wie man sieht, würde der genaue Zeitpunkt von verschiedenen Faktoren abhängen, wie etwa der Sondenlänge. Die größten Signale weisen eine Amplitude in der Größenordnung von zwanzig Millivolt auf, bevor sie mit üblichen Audioverstärkern auf die gewünschte Amplitude verstärkt werden. Die Steuerung wandelt zeitgesteuerte Unterbrechungen in Distanz um. Bei einer gegebenen Sondenlänge kann die Steuerung den Füllstand berechnen, indem sie von der Sondenlänge die Differenz zwischen dem

Referenzpunkt und dem Füllstandabstand subtrahiert. Änderungen der gemessenen Position des Referenzziels können je nach Bedarf oder Wunsch zur Geschwindigkeitskompensation verwendet werden.

**[0051]** Unter Bezugnahme auf FIG. 3-7 umfasst die Sonde 42 ein Sondengehäuse 60, das z. B. durch Schweißen mit dem Flansch 56 verbunden ist. Ein oberes Gehäuse 62 ist mit dem Sondengehäuse 60 verbunden und beherbergt die Impulsschaltung 58 und wird durch eine obere Abdeckung 64 verschlossen. Das obere Gehäuse 62 beinhaltet eine Gewindeseitenöffnung 66 zum Aufnehmen des Kabels 54, siehe FIG. 2. An dem Sondengehäuse 60 ist ein Mittelstab 66 befestigt, der die Übertragungsleitung definiert und von vier gleichmäßigen, winklig beabstandeten Erdungsstäben 68, 69, 70 und 71 umgeben ist. Die Länge des Mittelstabes 66 und der Erdungsstäbe 68-71 ist abhängig von der Höhe des Behälters 22 und dem zu messenden Füllstand. Der Mittelstab 66 ist ein Metallstab mit einer PFA-Außenhülse 67. Andere Materialien können, wie vorstehend erörtert, verwendet werden. Ein unteres Gehäuse 72 ist an einem unteren Ende der Erdungsstäbe 68-71 verbunden und mit einem unteren Gehäuse 74 verbunden.

**[0052]** Unter Bezugnahme auf FIG. 11 umfasst das Sondengehäuse 60 einen zylindrischen Körper 76 aus rostfreiem Stahl mit einer Durchgangsöffnung 78, die am oberen Ende 80 erweitert ist, um eine nach oben gerichtete Schulter 82 zu definieren. Ein Ringkanal 84 umgibt das obere Ende der Durchgangsöffnung 80 an der Schulter 82, siehe auch FIG. 5. Eine Spülschnittstelle 86 im zylindrischen Körper 76 ist radial ausgerichtet und steht in Verbindung mit dem Ringkanal 84. Ein Paar vertikale Kanäle 88 und 89, siehe FIG. 7, erstrecken sich vom Ringkanal 84 nach unten und münden an der Unterseite des zylindrischen Körpers 76, wie in FIG. 7 dargestellt. Zylindrische Adapter 90 und 91 sind an den Sondengehäusekörper 76 geschweißt, die mit den entsprechenden vertikalen Kanälen 88 und 89 ausgerichtet sind, und sind ebenfalls an die Oberseite der Erdungsstäbe 68 und 70 geschweißt. In der veranschaulichten Ausführungsform sind die Erdungsstäbe 68 und 70 Rohre aus rostfreiem Stahl, obwohl auch andere Metalle verwendet werden können. Somit sind die Spülschnittstelle 86 über den Ringkanal 84 und die vertikalen Kanäle 88 und 89 zu den Erdungsstäben 68 und 70 offen. Die Erdungsstäbe 68 und 70 beinhalten mehrere von vertikal beabstandeten Düsenöffnungen 92, die in FIG. 4 für den Erdungsstab 68 zu sehen sind. Die Düsenöffnungen 92 sind auf den Mittelstab 66 gerichtet.

**[0053]** Unter erneuter Bezugnahme auf FIG. 11 ist der zweite Erdungsstab 69 ein Metallrohr, wie etwa Edelstahl oder dergleichen, der über einen Adapter 92 mit dem zylindrischen Sondenkörper 76 verbunden ist. Der vierte Erdungsstab 71, bei dem es sich ebenfalls um ein Metallrohr, wie etwa Edelstahl der dergleichen, handelt, ist für das Aufnehmen eines Koaxialkabels 94 geeignet, das für die Messung von unten nach oben verwendet wird. Der Erdungsstab 71 wird wie durch Schweißen an einem zylindrischen Verbinder 96 befestigt, der mit einem vergrößerten zylindrischen Adapter 96 verbunden ist, der mit dem zylindrischen Sondenkörper 76 in Ausrichtung mit einer Blindbohrung 98 in Verbindung mit einer Durchgangsöffnung 100 verbunden ist. Der Adapter 96 wird zum Versetzen des Kabels 94 verwendet, um die Dichtungsstruktur zu umgehen, wie nachstehend erörtert. Ein Subminiatur-Koaxialanschluss der Version B (SMB) 102, siehe auch FIG. 8, wird oben am Sondenkörper 76 an der Durchgangsöffnung 100 zum Anschluss an das Kabel 94 verbunden.

**[0054]** Eine PTFE-Stopfbuchsendurchführung 104 wird in das Sondengehäuse aufgenommen, öffnet das obere Ende 80 und ruht auf der Schulter 82. Die Stopfbuchsendurchführung 104 beinhaltet äußere O-Ringe 106 zum Abdichten mit dem Sondengehäusekörper 76. Die Stopfbuchsendurchführung 104 beinhaltet eine sich nach unten öffnende Blindbohrung 108 zum Aufnehmen des Mittelstabs 66 und ist mit O-Ring-Dichtungen 110 versehen. Eine Ringbuchse 112 aus Edelstahl wird in das offene obere Ende 80 eingeschraubt, um die Stopfbuchsendurchführung 104 gegen die Schulter 82 zu schieben. Die Ringbuchse 112 nimmt einen Stift 114 auf, der in Epoxydharz 116 eingekapselt ist. Der Stift 114 ist elektrisch mit dem Mittelstab 66 und an einem gegenüberliegenden Ende mit einem SMB-Anschlussstecker 118 verbunden, siehe auch FIG. 8.

**[0055]** Wie in FIG. 12 dargestellt, ist das untere Gehäuse 72 zylindrisch und aus rostfreiem Stahl und weist eine sich nach oben öffnende Blindbohrung 120 auf, die eine PTFE-Stopfbuchsendurchführung 122 aufnimmt, die ein unteres Ende des Mittelstabs 66 aufnimmt. Eine Durchgangsöffnung 124, die mit der Blindbohrung 120 ausgerichtet ist, nimmt einen Stift 126 auf, der mit Epoxydharz 128 umgeben ist. Der Stift 126 ist an einem Ende mit dem Mittelstab 66 und am entgegengesetzten Ende mit einem SMB-Anschlussstecker 130 zum Anschluss an einen Koaxialanschlussstecker 132 verbunden, der mit einem unteren Ende des Kabels 94 verbunden ist. Das Kabel 94 verläuft durch eine vertikale Öffnung 134 im unteren Sondengehäuse 72, das einen zylindrischen Adapter 136 zum Verbinden des vierten Erdungsstabes 71 mit dem unteren Sondengehäuse 72 aufnimmt. Ein massiver Adapter 138, ähnlich dem Adapter 92 von FIG. 11, wird zum Befestigen des zweiten Erdungsstabes 69 am unteren Gehäuse 72, z.B. durch Schweißnähte, verwendet. Ähnliche Anschlussstecker (nicht dargestellt) werden für die Erdungsstäbe 68 und 70 verwendet. Diese Schweißverbindungen für die Erdungsstäbe 68-71 verbinden das untere Gehäuse 72 direkt mit dem Sondengehäuse 60. Infolgedessen wird der Mittelstab 66 zwischen den beiden PTFE-Stopfbuchsendurchführungen 104 und 122 an jedem Ende eingefangen und mit O-Ringen abgedichtet.

**[0056]** Unter Bezugnahme auf FIG. 9 ist ein vergossenes Modul 140 dargestellt. Das vergossene Modul 140 umfasst ein Kunststoffgehäuse 142, das die Leiterplatten 144 und 146 umschließt, siehe FIG. 11, einschließlich der in FIG. 7 in Blockform 58 dargestellten Impulsschaltung. Ein Paar Koaxialanschlussstecker 148 und 150 erstrecken sich von der unteren Leiterplatte 146 nach unten, wobei die gesamte Struktur mit einer Vergussmasse 152 bedeckt ist, um die Schaltung abzudichten. Wie in FIG. 10 dargestellt, wird das vergossene Modul 140 oben auf dem Sondengehäuse 60 montiert, wobei der Anschlussstecker 118 mit dem Anschlussstecker 148 und der Anschlussstecker 102 mit dem Anschlussstecker 150 verbunden wird, um elektrische Verbindungen zwischen der Impulsschaltung 58 und dem Mittelstab 66 sowohl am oberen als auch am unteren Ende bereitzustellen.

[0057] Während die Sonde 42 mit vier Erdungsstäben 68-71 dargestellt ist, könnte die Sonde drei Erdungsstäbe verwenden. Bei drei Erdungsstäben wird die Sonde als Vierdrahtsonde bezeichnet, während bei vier Erdungsstäben die Sonde als Fünfdrahtsonde bezeichnet wird.

[0058] So weist die Sonde 42 entsprechend der Erfindung drei oder mehr Erdungsstäbe anstelle des traditionellen Koaxialrohrs auf. Diese offene Konfiguration reduziert die Ablagerungen auf der Sonde und bietet gleichzeitig eine ähnliche Leistung wie eine Koaxialsondenkonfiguration. Die Erdungsstäbe können Rohre mit Sprühdüsen sein, die zum Abspülen von Ablagerungen mit Reinigungsfluiden verwendet werden, die über die Spülschnittstelle 86 verbunden werden. Außerdem kann einer der Erdungsstäbe verwendet werden, um ein elektrisches Kabel zum unteren Ende des Mittelstabes 66 für die „Bottom-Up“-Messung zu führen, die für die Emulsionserkennung verwendet wird.

[0059] In der veranschaulichten Ausführungsform befinden sich zwei TDR-Schaltungen auf der Leiterplatte 144 im vergossenen Modul 140. Das eine ist für das Signal von oben nach unten und das andere für das Signal von unten nach oben. Die Wellenformen werden von der TDR-Platine 144 an die Steuerung im Steuergehäuse 52 gesendet, siehe FIG. 1 und 2. Die Füllstandberechnungen, Ausgänge und die Benutzerschnittstelle befinden sich bei der Steuerung. Die Schaltungen können je nach Bedarf oder Wunsch, einschließlich der in dem gemeinsam eingereichten Antrag 16/278,368, unter Bezugnahme aufgenommen werden.

[0060] Wie beschrieben, verbindet sich die Erdungsabschirmung des SMB-Anschlusssteckers 102 und 118 mit dem Sondengehäuse 60 und damit mit den Erdungsstäben 68-71 und dem unteren Gehäuse 72. Der Mittelleiter des SMB-Anschlusssteckers 118 für die von oben nach unten gerichtete Schaltung wird mit dem Stift 114 verbunden, der durch das Epoxid 116 und dann durch die PTFE-Stopfbuchsendurchführung 104 verläuft, die eine Abdichtung bereitstellt, wo er mit dem Mittelstab 66 verbunden wird. Die Spitze der Sonde ist eine koaxiale Übertragungsleitung vom SMB-Anschlussstecker 118 zur Flanschfläche 56, wo sie in eine Fünfdraht-Sonde übergeht. Die ähnliche Struktur am unteren Ende geht von einer Koax- zu einer Fünf-Draht-Struktur über, wie in FIG. 12 dargestellt.

[0061] In der veranschaulichten Ausführungsform ist der Mittelstab 66 zwischen der oberen Stopfbuchsendurchführung 104 und der unteren Stopfbuchsendurchführung 122 eingeklemmt und mit O-Ringen abgedichtet. Die Stiftanordnungen oben und unten sorgen für entsprechende Anschlüsse an die Impulsschaltung 58.

[0062] Wie hierin beschrieben, wird die Wellenleiterradarsonde daher zur Messung von Füllständen in Tanks, in denen mehrere Fluidschichten vorhanden sein können, und in Anwendungen mit hochviskosen Fluiden verwendet.

[0063] Fachleute werden verstehen, dass an den spezifischen Formen der Merkmale und Komponenten der offenbarten Ausführungsformen viele mögliche Änderungen vorgenommen werden können, wobei der Geist der hierin offenbarten Konzepte gewahrt bleiben muss. Dementsprechend sollten keine Einschränkungen der spezifischen Formen der hierin offenbarten Ausführungsformen in die Ansprüche hineingelesen werden, es sei denn, sie werden in den Ansprüchen ausdrücklich erwähnt. Obwohl vorstehend mehrere Ausführungsformen detailliert beschrieben wurden, sind andere Modifikationen möglich. Weitere Ausführungsformen können zum Umfang der folgenden Ansprüche gehören.

## Patentansprüche

1. Sonde, die eine Übertragungsleitung zur Verwendung mit einem Füllstandmessinstrument definiert, das eine mit der Sonde verbundene Impulsschaltung zum Erzeugen von Impulsen auf der Übertragungsleitung und zum Empfangen reflektierter Impulse auf der Übertragungsleitung beinhaltet, die Füllstände von Interesse repräsentieren, die Sonde umfassend:  
einen Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter;  
ein zylindrisches Sondengehäuse, das sich über den Prozessanschluss erstreckt;  
einen Koaxialanschluss mit einem Mittelanschluss und einer Erdungsabschirmung zum Anschluss mit der Impulsschaltung, wobei der Koaxialanschluss an dem Sondengehäuse befestigt ist, so dass das Sondengehäuse elektrisch mit der Erdungsabschirmung verbunden ist;  
einen länglichen Mittelstab mit einem oberen Ende, das koaxial in dem Sondengehäuse aufgenommen ist und sich von dem Prozessanschluss nach unten erstreckt, um sich in ein Prozessfluid zu erstrecken, wobei der Mittelstab elektrisch mit dem Mittelanschluss verbunden ist, um die Impulse zu leiten; und  
mindestens drei langgestreckte Erdungsstäbe in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt sind, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken, wobei die Sonde eine offene Konfiguration bereitstellt, die weniger anfällig für Ablagerungen zwischen dem Mittelstab und Erdungsstäben ist.
2. Sonde nach Anspruch 1, wobei der Mittelstab einen Metallstab mit einer den Metallstab umgebenden Fluorkohlenstoffhülle umfasst.
3. Sonde nach Anspruch 1, wobei die Erdungsstäbe Metallrohre umfassen.
4. Sonde nach Anspruch 3, wobei das Sondengehäuse eine Spülschnittstelle in Verbindung mit einem oder mehreren Kanälen im Sondengehäuse umfasst und einer oder mehrere der Erdungsstäbe in den einen oder die mehreren

Kanäle münden, wobei der eine oder die mehreren Erdungsstäbe mehrere Sprühdüsen umfassen, die auf den Mittelstab gerichtet sind.

5. Sonde nach Anspruch 1, wobei einer der Erdungsstäbe ein Rohr und ferner ein elektrisches Kabel mit einem Koaxialanschluss im Sondengehäuse an einem oberen Ende zum Anschluss an die Sondenschaltung umfasst und das Kabel durch das Rohr verläuft und mit einem unteren Ende des Mittelstabs zur Messung von unten nach oben verbunden ist.
6. Sonde nach Anspruch 5, ferner umfassend ein zylindrisches unteres Gehäuse, das das untere Ende des Mittelstabs aufnimmt, und eine Stiftanordnung mit einem mit dem Mittelstab verbundenen Stift und einer im unteren Gehäuse aufgenommenen Buchse zum Anschluss an einen Koaxialanschluss am unteren Ende des Kabels.
7. Sonde nach Anspruch 1, umfassend vier längliche Erdungsstäbe, die in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt sind, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken.
8. Sonde, die eine Übertragungsleitung zur Verwendung mit einem Füllstandmessinstrument definiert, das eine mit der Sonde verbundene Impulsschaltung zum Erzeugen von Impulsen auf der Übertragungsleitung und zum Empfangen reflektierter Impulse auf der Übertragungsleitung beinhaltet, die Füllstände von Interesse repräsentieren, die Sonde umfassend:
  - einen Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter;
  - ein zylindrisches Sondengehäuse, das sich über den Prozessanschluss erstreckt;
  - einen Anschlussstecker, der am Sondengehäuse für den Anschluss an die Impulsschaltung befestigt ist;
  - einen länglichen Mittelstab mit einem oberen Ende, das koaxial in dem Sondengehäuse aufgenommen ist und sich von dem Prozessanschluss nach unten erstreckt, um sich in ein Prozessfluid zu erstrecken, wobei der Mittelstab elektrisch mit dem Anschlussstecker verbunden ist, um die Impulse zu leiten; und
  - mehrere langgestreckte rohrförmige Erdungsstäbe sind in einem Abstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken,
  - wobei das Sondengehäuse eine Spülschnittstelle in Verbindung mit einem oder mehreren Kanälen im Sondengehäuse umfasst und einer oder mehrere der rohrförmigen Erdungsstäbe in den einen oder die mehreren Kanäle münden, wobei der eine oder die mehreren rohrförmigen Erdungsstäbe mehrere Sprühdüsen umfassen, die auf den Mittelstab gerichtet sind.
9. Sonde nach Anspruch 8, wobei das Sondengehäuse eine Durchgangsöffnung aufweist, die sich an einem oberen Ende des Gehäuses erweitert, um eine Schulter zu definieren, und ein Ringkanal die Durchgangsöffnung oberhalb der Schulter umgibt, und wobei sich die Spülschnittstelle in einer Seite des Gehäuses befindet und in den Ringkanal mündet und ein oder mehrere vertikale Kanäle in dem Sondengehäuse mit dem Ringkanal in Verbindung stehen und der eine oder die mehreren rohrförmigen Erdungsstäbe mit dem einen oder den mehreren vertikalen Kanälen ausgerichtet sind.
10. Sonde nach Anspruch 9, ferner umfassend eine Stopfbuchsendurchführung, die im oberen Ende des Sondengehäuses aufgenommen wird und auf der Schulter ruht, um den Mittelstab im Sondengehäuse zu erfassen.
11. Sonde nach Anspruch 8, wobei einer der rohrförmigen Erdungsstäbe ein elektrisches Kabel aufnimmt, das an einem oberen Ende einen Koaxialanschluss im Sondengehäuse zum Anschluss mit der Sondenschaltung aufweist, und das Kabel durch den einen der rohrförmigen Erdungsstäbe verläuft und mit einem unteren Ende des Mittelstabs zur Messung von unten nach oben verbunden ist.
12. Sonde nach Anspruch 11, ferner umfassend ein zylindrisches unteres Gehäuse, das das untere Ende des Mittelstabs aufnimmt, und eine Stiftanordnung mit einem mit dem Mittelstab verbundenen Stift und einer im unteren Gehäuse aufgenommenen Buchse zum Anschluss an einen Koaxialanschluss am unteren Ende des Kabels.
13. Sonde nach Anspruch 8, wobei der Mittelstab einen Metallstab mit einer den Metallstab umgebenden Fluorkohlenstoffhülle umfasst.
14. Sonde nach Anspruch 8, umfassend vier längliche rohrförmige Erdungsstäbe, die in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt sind, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken.
15. Sonde, die eine Übertragungsleitung zur Verwendung mit einem Füllstandmessinstrument definiert, das eine mit der Sonde verbundene Impulsschaltung zum Erzeugen von Impulsen auf der Übertragungsleitung und zum Empfangen reflektierter Impulse auf der Übertragungsleitung beinhaltet, die Füllstände von Interesse repräsentieren, die Sonde umfassend:
  - einen Prozessanschluss zum Montieren an einem Prozessbehälter;
  - ein zylindrisches Sondengehäuse, das sich über den Prozessanschluss erstreckt;
  - einen Anschlussstecker, der am Sondengehäuse für den Anschluss an die Impulsschaltung befestigt ist;
  - einen länglichen Mittelstab mit einem oberen Ende, das koaxial in dem Sondengehäuse aufgenommen ist und sich von dem Prozessanschluss nach unten erstreckt, um sich in ein Prozessfluid zu erstrecken, wobei der Mittelstab elektrisch mit dem Anschlussstecker verbunden ist, um die Impulse zu leiten; und
  - mehrere langgestreckte Erdungsstäbe sind in einem Abstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken,

## CH 716 407 A2

wobei einer der Erdungsstäbe rohrförmig ist und ein elektrisches Kabel mit einem Koaxialanschluss im Sondengehäuse an einem oberen Ende zum Anschluss an die Sondenschaltung aufnimmt und das Kabel durch den rohrförmigen Erdungsstab verläuft und mit einem unteren Ende des Mittelstabs zur Messung von unten nach oben verbunden ist.

16. Sonde nach Anspruch 15, ferner umfassend ein zylindrisches unteres Gehäuse, das das untere Ende des Mittelstabs aufnimmt, und eine Stiftanordnung mit einem mit dem Mittelstab verbundenen Stift und einer im unteren Gehäuse aufgenommenen Buchse zum Anschluss an einen Koaxialanschluss am unteren Ende des Kabels.
17. Sonde nach Anspruch 15, wobei der Mittelstab einen Metallstab mit einer den Mittelstab umgebenden Fluorkohlenstoffhülse umfasst.
18. Sonde nach Anspruch 15, wobei die Erdungsstäbe Metallrohre umfassen.
19. Sonde nach Anspruch 18, wobei das Sondengehäuse eine Spülschnittstelle in Verbindung mit einem oder mehreren Kanälen im Sondengehäuse umfasst und einer oder mehrere der rohrförmigen Erdungsstäbe in den einen oder die mehreren Kanäle münden, wobei der eine oder die mehreren rohrförmigen Erdungsstäbe mehrere Sprühdüsen umfassen, die auf den Mittelstab gerichtet sind.
20. Sonde nach Anspruch 15, umfassend vier längliche Erdungsstäbe, die in gleichem Winkelabstand um den Mittelstab angeordnet und am Sondengehäuse befestigt sind, so dass sie sich in das Prozessfluid erstrecken.

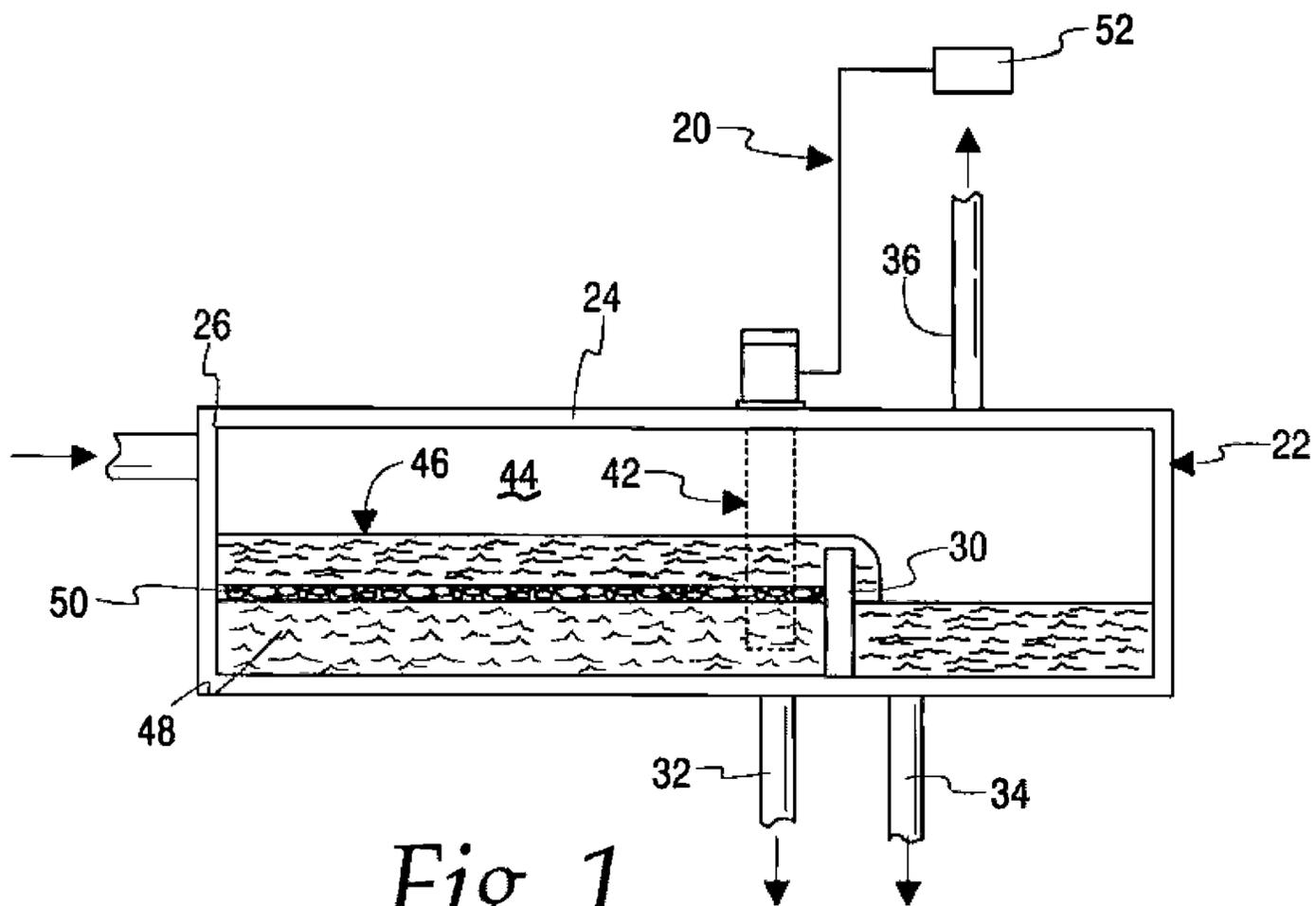


Fig. 1

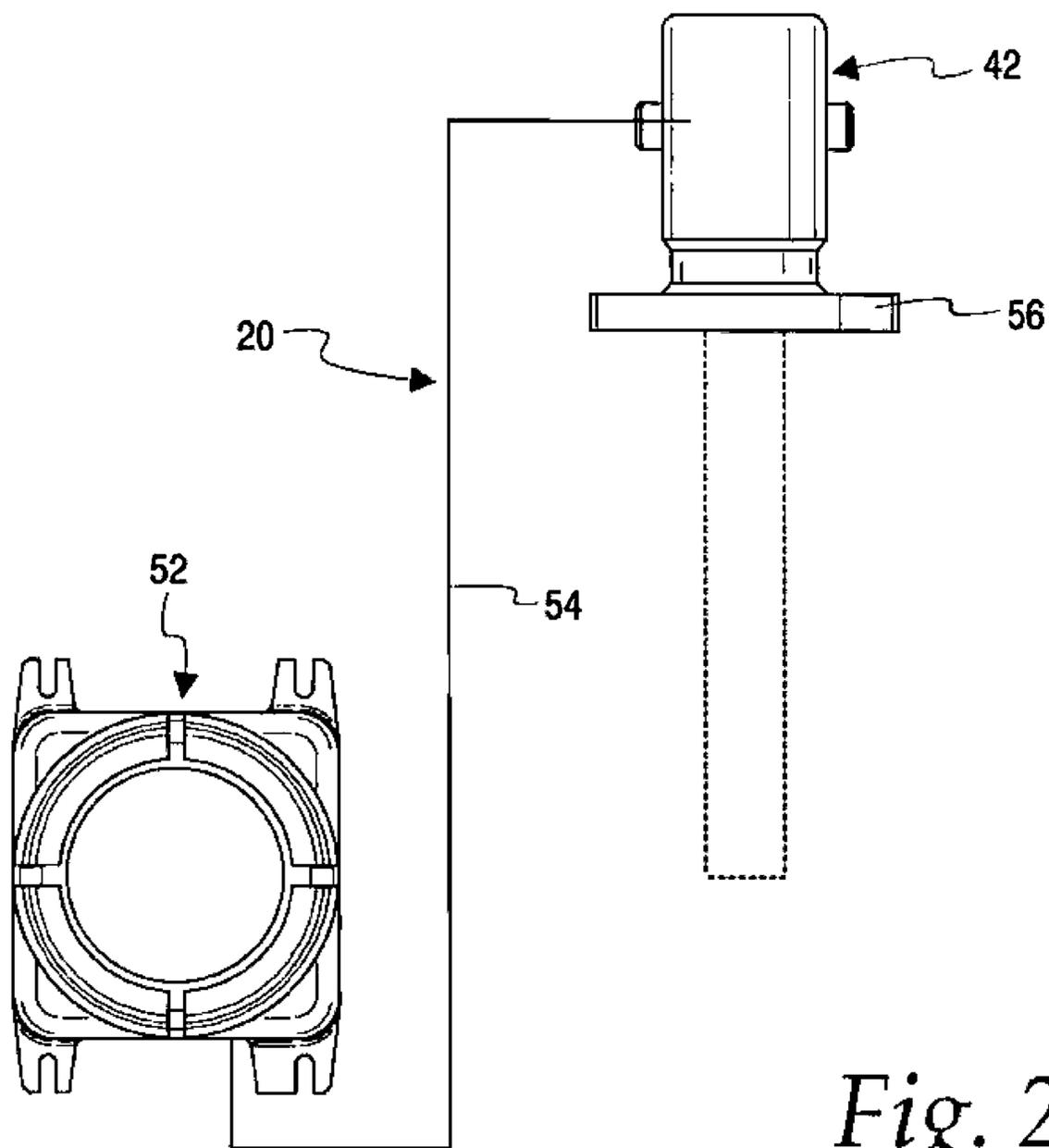
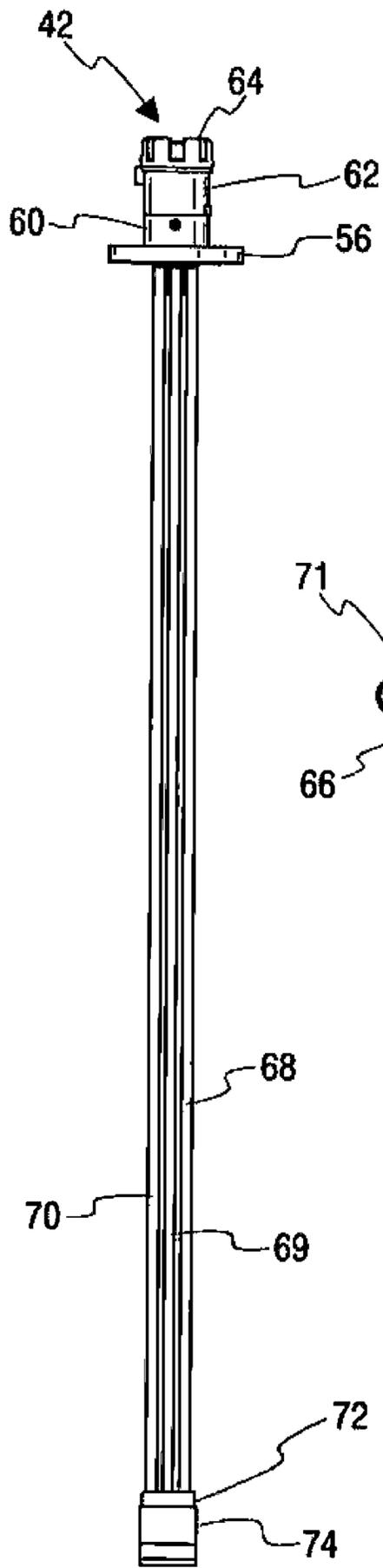
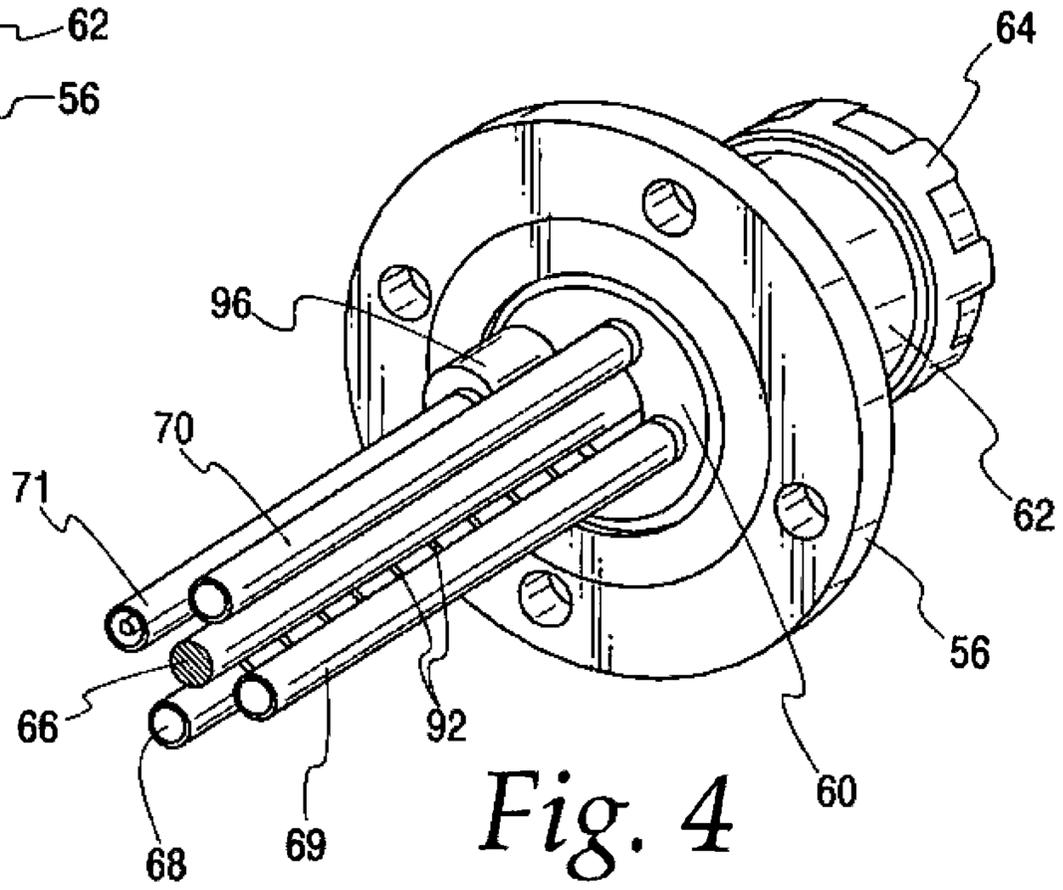


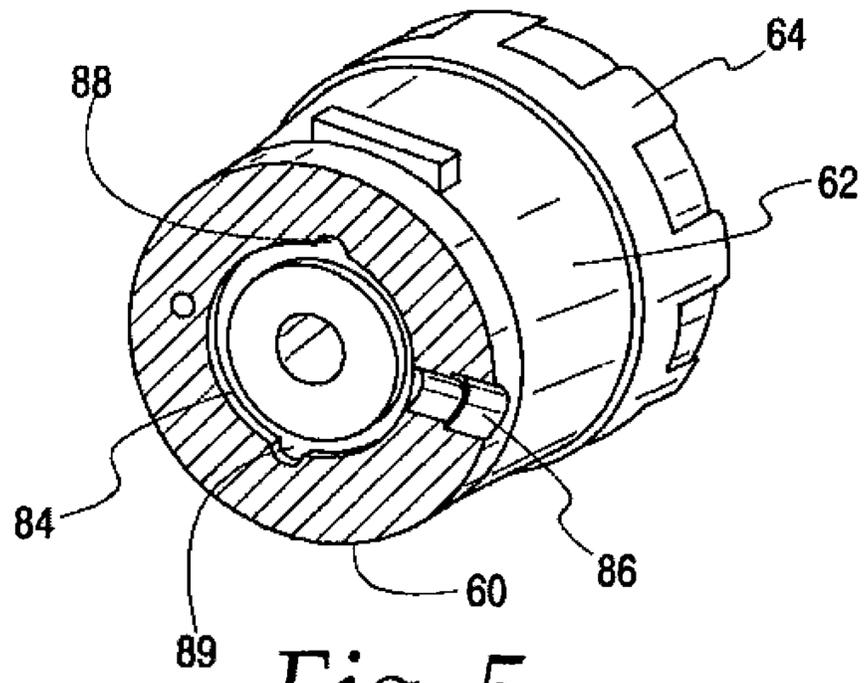
Fig. 2



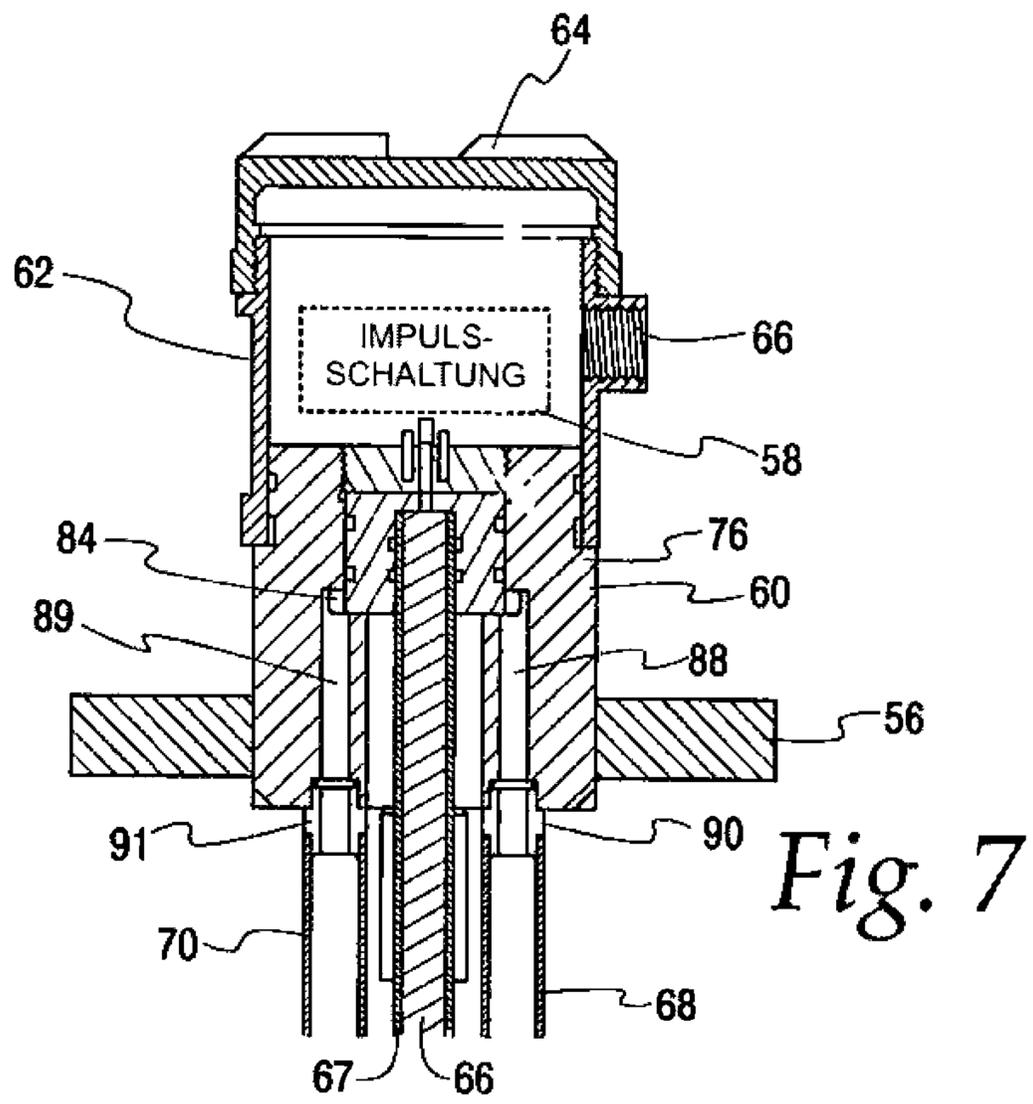
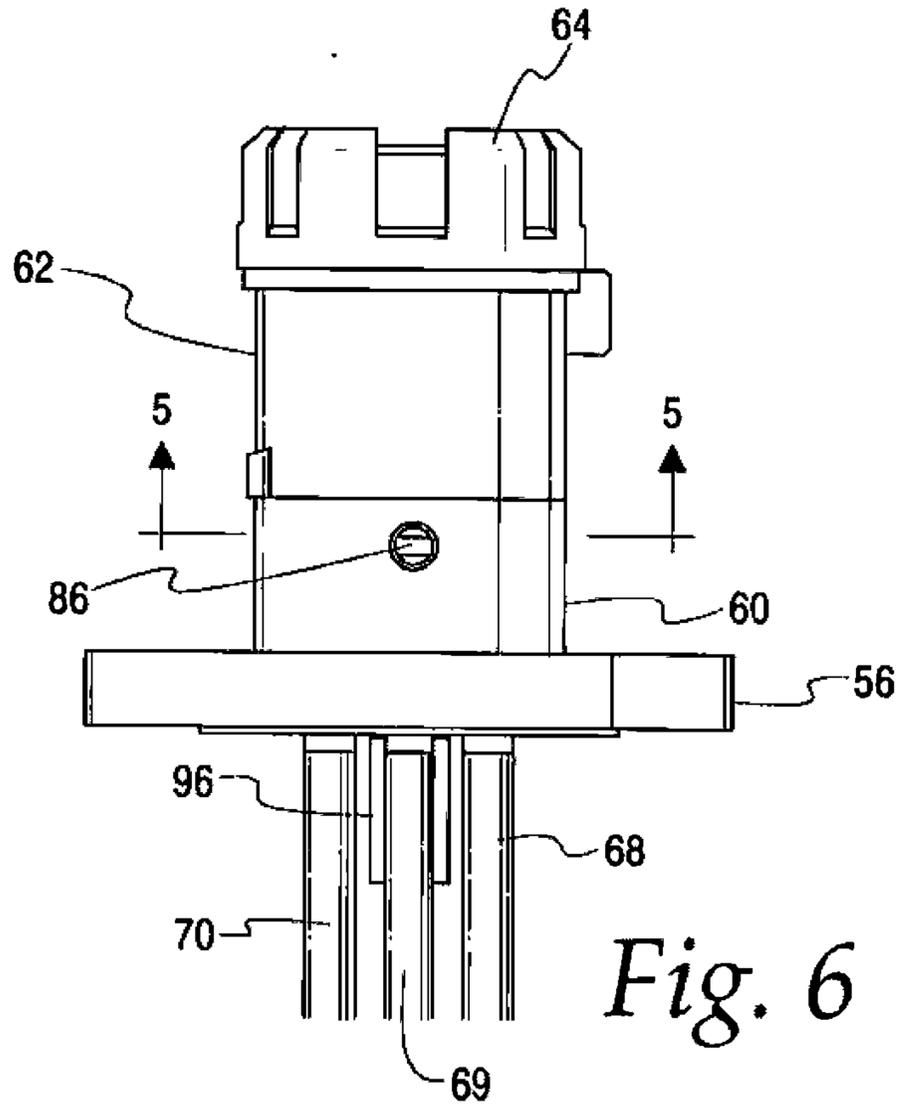
*Fig. 3*

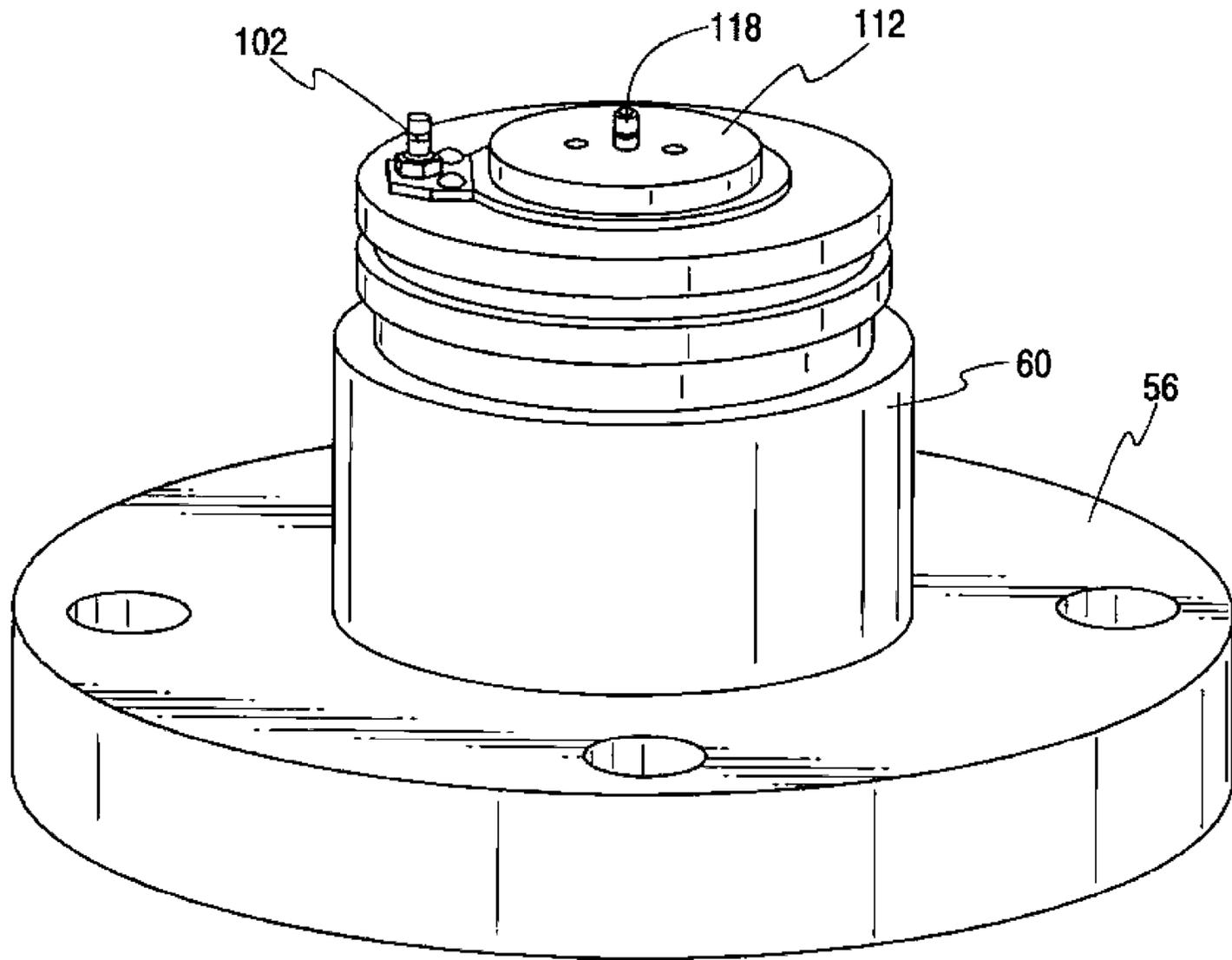


*Fig. 4*

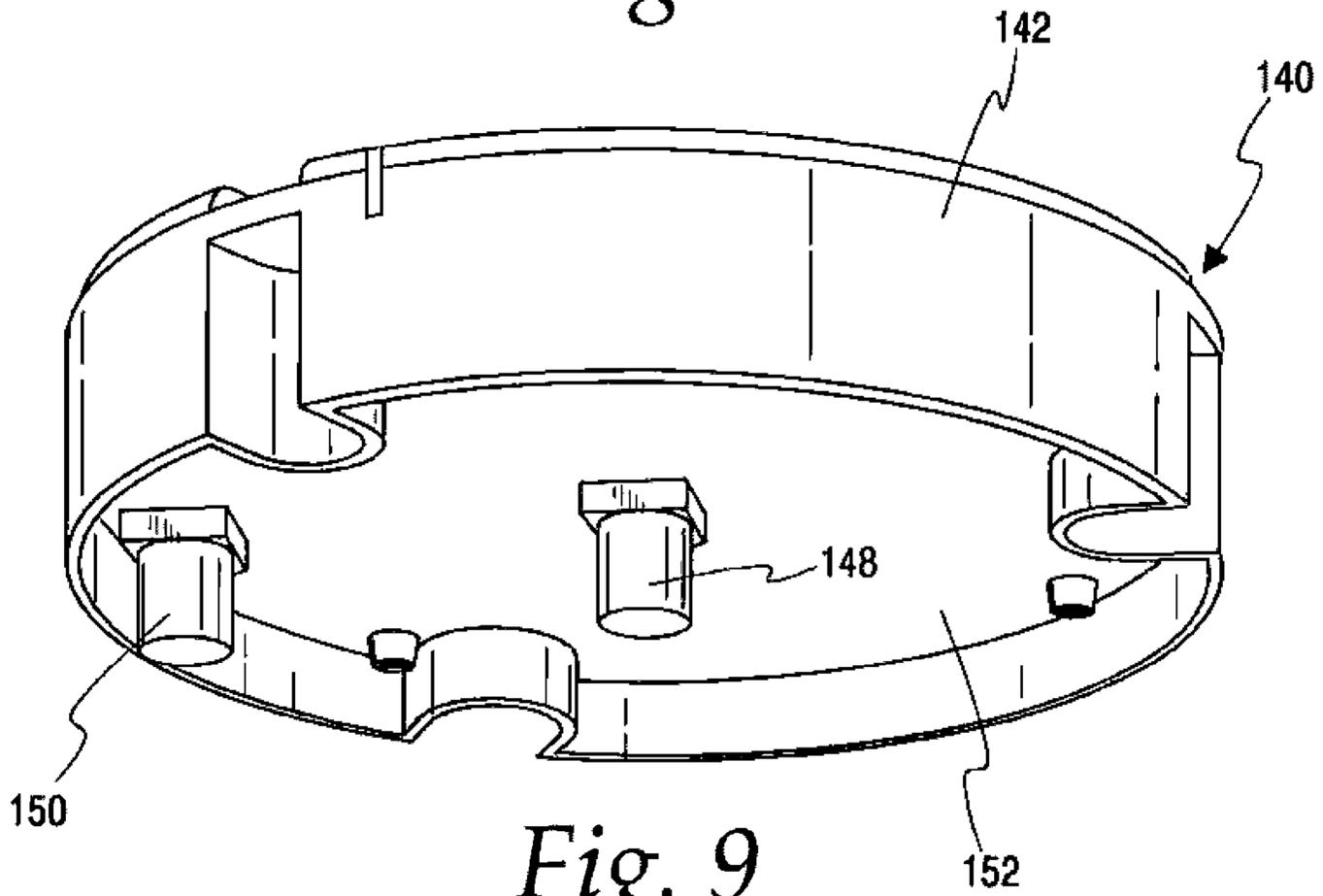


*Fig. 5*

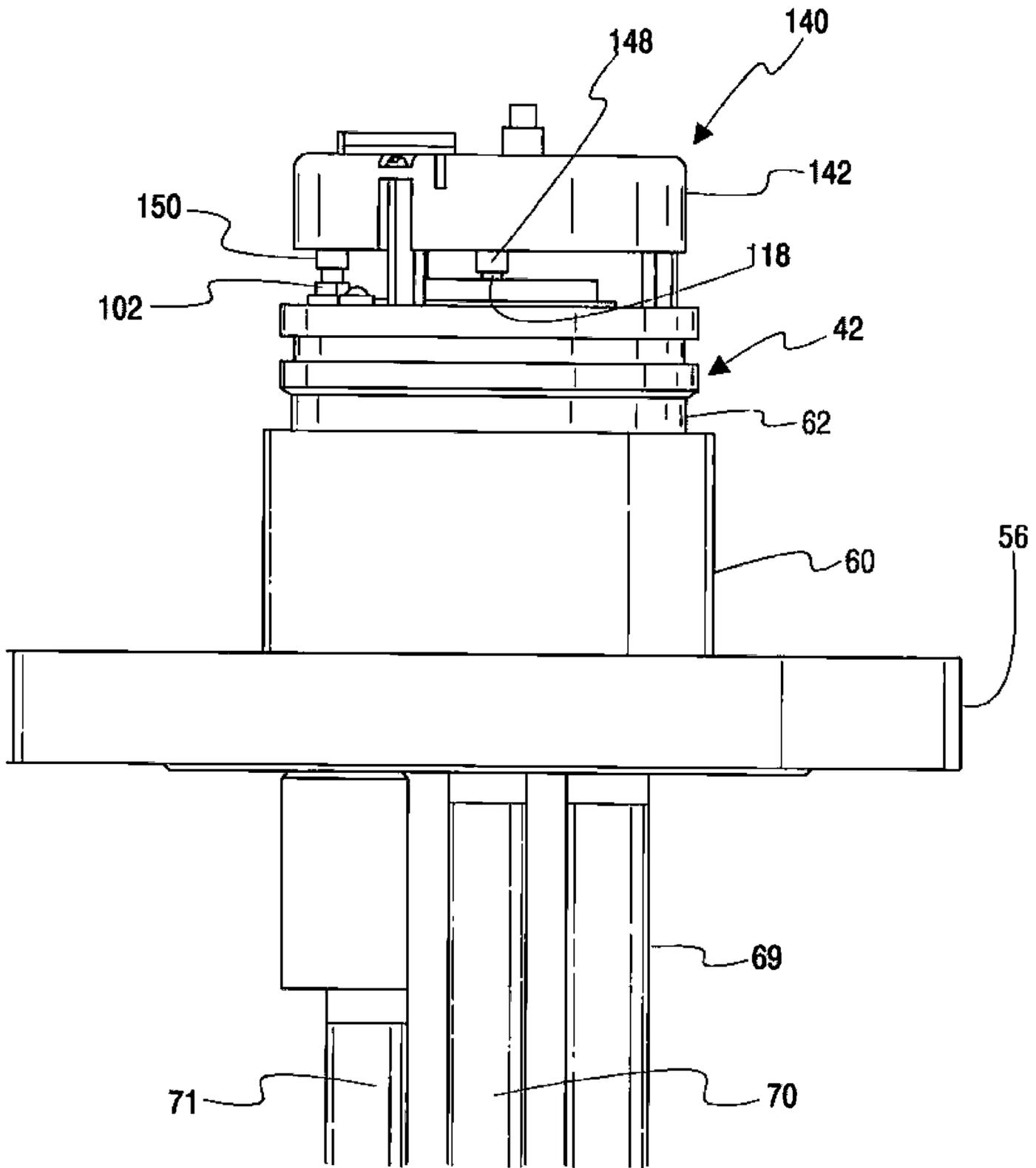




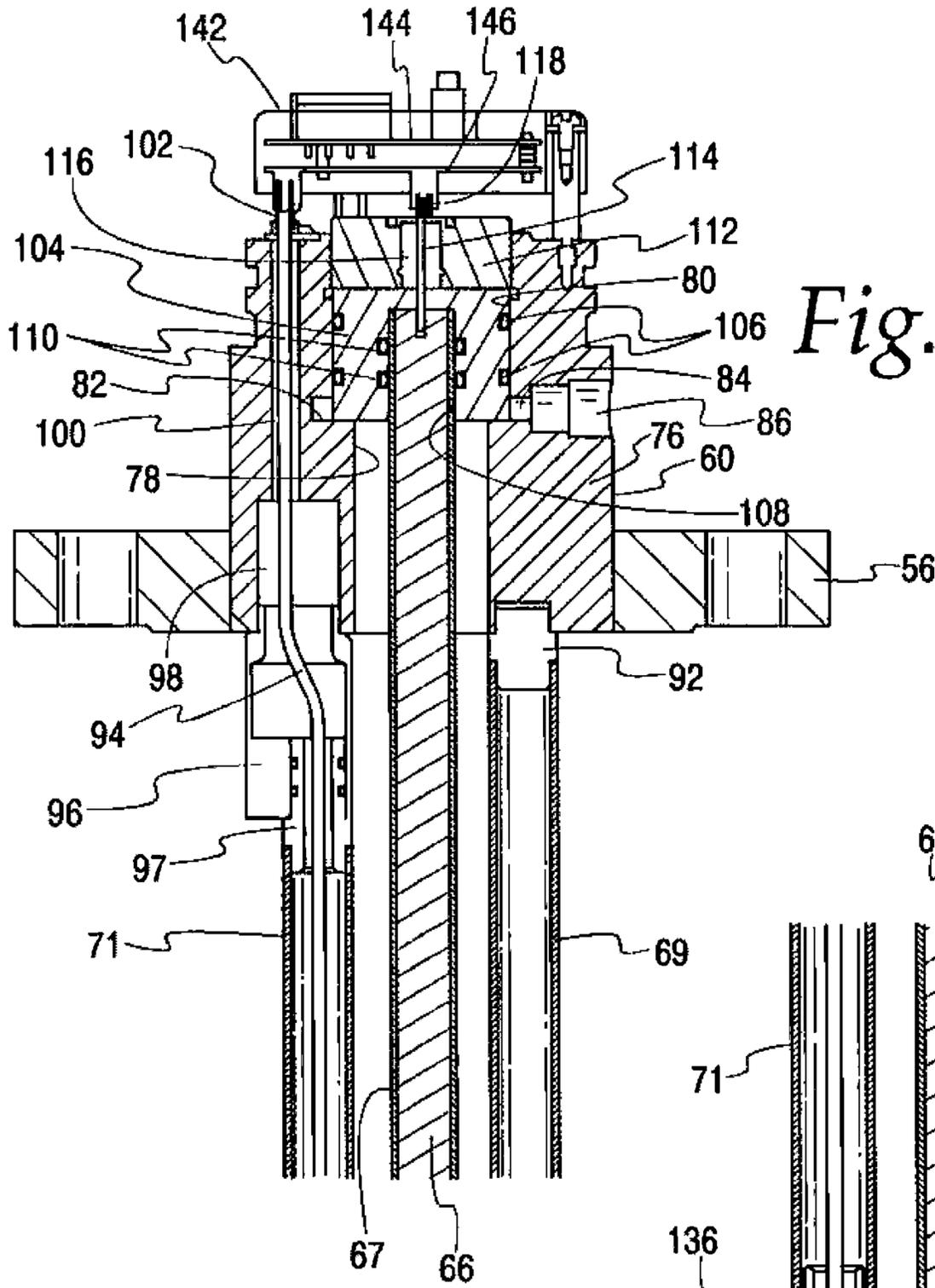
*Fig. 8*



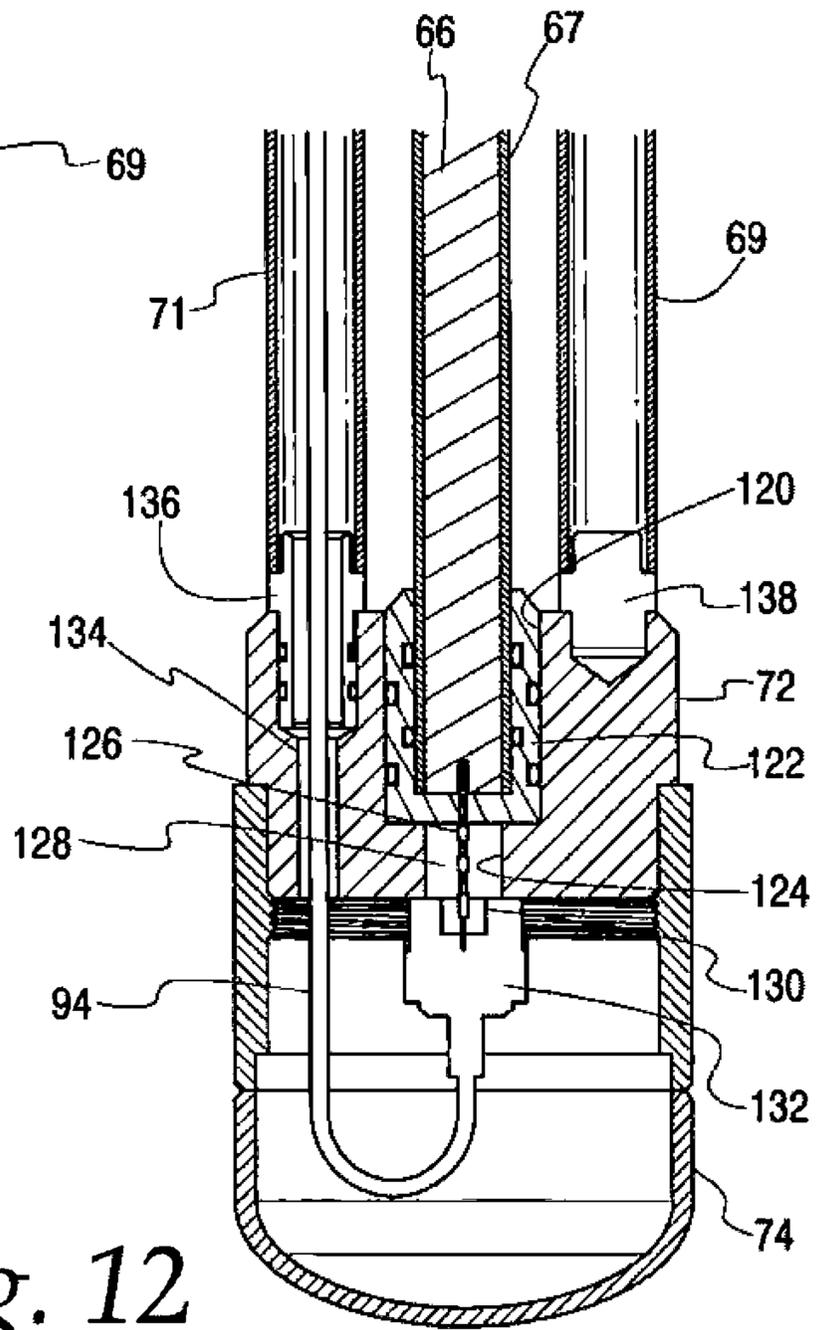
*Fig. 9*



*Fig. 10*



*Fig. 11*



*Fig. 12*