

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. September 2016 (15.09.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/142128 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 1/58 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/053094
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2016 (15.02.2016)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2015 103 580.4 11. März 2015 (11.03.2015) DE
- (71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER FLOWTEC AG** [CH/CH]; Kägenstr. 7, 4153 Reinach (CH).
- (72) Erfinder: **FINK, Nikolai**; Kirschgartenstrasse 23, 4147 Aesch (CH). **SCHMALZRIED, Frank**; Am Bründl 18, 85467 Neuching (DE). **DRAHM, Wolfgang**; Am Hochrainacker 82, 85435 Erding (DE).
- (74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; Colmarer Str. 6, Endress+Hauser (Deutschland) AG+Co. KG, 79576 Weil am Rhein (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MAGNETICALLY INDUCTIVE THROUGH-FLOW MEASURING DEVICE WITH REDUCED CURRENT CONSUMPTION

(54) Bezeichnung : MAGNETISCH-INDUKTIVES DURCHFLUSSMESSGERÄT MIT VERRINGERTER STROMAUFNAHME

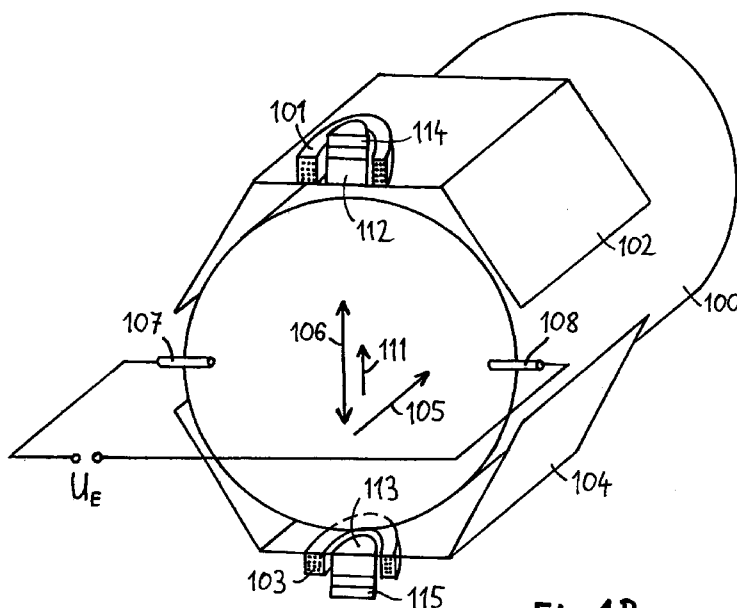


Fig. 1B

(57) Abstract: The invention relates to a magnetically inductive through-flow measuring device for measuring the through-flow of a flowable medium. The through-flow measuring device comprises a measuring tube, a pair of coils which are arranged opposite one another on the measuring tube, and which are designed to generate an activatable and deactivatable magnetic alternating field that is directed substantially in a transverse direction in relation to the longitudinal axis of the measuring tube, as well as comprising a pair of permanent magnets which are arranged opposite one another on the measuring tube, and which are designed to generate a permanent magnetic field that is directed substantially in a transverse direction in relation to the longitudinal axis of the measuring tube. In addition, the through-flow measuring device comprises one or more pairs of measuring electrodes arranged opposite one another on the measuring tube, of which a pair of measuring electrodes is designed to tap a measuring voltage induced via the permanent magnetic field when the magnetic alternating field is deactivated, and an evaluation unit that is designed, in the event that the magnetic alternating field is deactivated, to monitor the measuring

voltage induced via the permanent magnetic field, to activate the magnetic alternating field at least in the event of a predefined change of the measuring voltage, and to determine a measured value for the through-flow by means of the magnetic alternating field.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/142128 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Rechenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es wird ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät zur Messung des Durchflusses eines fließfähigen Mediums beschrieben. Das Durchflussmessgerät umfasst ein Messrohr, ein Paar von Spulen, die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein ein- und ausschaltbares magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist, sowie ein Paar von Permanentmagneten, die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein permanentes Magnetfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist. Darüber hinaus umfasst das Durchflussmessgerät ein oder mehrere Paare von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden, von denen ein Paar von Messelektroden dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen, und eine Auswerteeinheit, die dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld die durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung zu überwachen, zumindest bei einer vordefinierten Änderung der Messspannung das magnetische Wechselfeld einzuschalten und mittels des magnetischen Wechselfeldes einen Messwert für den Durchfluss zu bestimmen.

Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät mit verringerter Stromaufnahme

Die Erfindung betrifft ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät zur Messung des Durchflusses eines fließfähigen Mediums sowie ein Verfahren zur Bestimmung eines
5 Durchflusses in einem Messrohr.

In der Prozessautomatisierungstechnik werden vielfach Feldgeräte eingesetzt, die zur Erfassung und/oder Beeinflussung von Prozessvariablen dienen. Beispiele für derartige Feldgeräte sind Füllstandsmessgeräte, Massedurchflussmessgeräte, Druck- und
10 Temperaturmessgeräte etc., die als Sensoren die entsprechenden Prozessvariablen Füllstand, Durchfluss, Druck bzw. Temperatur erfassen.

Eine Vielzahl solcher Feldgeräte wird von der Firma Endress+Hauser hergestellt und
15 vertrieben.

Insbesondere für die Messung des Durchflusses durch ein Messrohr werden eine Vielzahl von unterschiedlichen Messprinzipien angewendet. Ein wichtiges Messprinzip ist die magnetisch-induktive Durchflussmessung. Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte nutzen für die volumetrische Strömungsmessung das Prinzip der elektrodynamischen
20 Induktion aus. Senkrecht zu einem Magnetfeld bewegte Ladungsträger des Mediums induzieren eine Messspannung in im Wesentlichen senkrecht zur Durchflussrichtung des Mediums und senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes angeordneten Messelektroden. Die in die Messelektroden induzierte Messspannung ist proportional zu der über den Querschnitt des Messrohres gemittelten Strömungsgeschwindigkeit des Mediums, also proportional zum
25 Volumenstrom.

Für die Durchführung der Messung wird in der Regel ein magnetisches Wechselfeld eingesetzt, dass mittels eines Spulensystems erzeugt wird. Der Stromverbrauch des magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts wird dabei massgeblich durch die
30 Stromaufnahme der Spulen für die Erzeugung des magnetischen Wechselfeldes verursacht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät zur Verfügung zu stellen, welches einen verringerten Stromverbrauch aufweist.

35 Gelöst wird diese Aufgabe durch die in den Ansprüchen 1 und 17 angegebenen Merkmale.

Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät entsprechend den Ausführungsformen der Erfindung dient zur Messung des Durchflusses eines fließfähigen Mediums. Das

5 Durchflussmessgerät umfasst ein Messrohr, ein Paar von Spulen, die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein ein- und ausschaltbares magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist, sowie ein Paar von Permanentmagneten, die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein
10 permanentes Magnetfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist. Darüber hinaus umfasst das Durchflussmessgerät ein oder mehrere Paare von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden, von denen ein Paar von Messelektroden dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen,
15 und eine Auswerteeinheit, die dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld die durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung zu überwachen, zumindest bei einer vordefinierten Änderung der Messspannung das magnetische Wechselfeld einzuschalten und mittels des magnetischen Wechselfeldes einen Messwert für den Durchfluss zu bestimmen.

20

Das Durchflussmessgerät gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung weist ein Paar von Permanentmagneten auf, die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind. Diese Permanentmagnete sind dazu ausgelegt, über den Rohrquerschnitt des Messrohrs hinweg ein permanentes Magnetfeld zu erzeugen. Wenn das Medium mit
25 einer gewissen Fließgeschwindigkeit durch das Messrohr strömt, wird auch bei ausgeschaltetem magnetischem Wechselfeld durch dieses permanente Magnetfeld in Richtung senkrecht zum Magnetfeld eine Messspannung induziert. Diese induzierte Messspannung hängt von der Strömungsgeschwindigkeit des Mediums ab, so dass sich anhand der vom Permanentmagnetfeld induzierten Messspannung der Verlauf des
30 Durchflusses verfolgen lässt. Auch bei ausgeschaltetem magnetischem Wechselfeld ist es so möglich, Durchflussänderungen zu erkennen.

Wenn auf diese Weise eine Durchflussänderung erkannt wird, kann zur Durchführung einer genauen Durchflussmessung das magnetische Wechselfeld für eine gewisse Zeitspanne
35 eingeschaltet werden. Mit Hilfe des magnetischen Wechselfelds wird dann eine genaue Durchflussmessung durchgeführt. Das magnetische Wechselfeld wird nur jeweils dann

eingeschaltet, wenn infolge einer Durchflussänderung ein neuer Messwert für den Durchfluss benötigt wird. Ansonsten bleibt das magnetische Wechselfeld ausgeschaltet.

Das magnetische Wechselfeld ist also nicht ständig eingeschaltet, sondern wird nur von Zeit zu Zeit eingeschaltet. Solange das magnetische Wechselfeld ausgeschaltet ist, wird nur sehr wenig Strom verbraucht. Im zeitlichen Mittel wird dadurch die Stromaufnahme des Durchflussmessgeräts deutlich verringert, das Durchflussmessgerät nimmt im zeitlichen Mittel deutlich weniger Leistung auf. Dennoch kann eine hinreichend genaue Überwachung des Durchflusses gewährleistet werden.

10

Nachfolgend ist die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

15

Fig. 1A ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, bei dem innerhalb der Spulen Permanentmagnete angeordnet sind;

Fig. 1B ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, bei dem die Permanentmagnete oberhalb bzw. unterhalb der Spulenkerne angebracht sind;

20

Fig. 1C eine weitere Möglichkeit zur Realisierung des Spulensystems eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts;

Fig. 2A ein erstes Messschema zur Bestimmung des Durchflusses im Messrohr;

25

Fig. 2B ein zweites Messschema zur Bestimmung des Durchflusses im Messrohr;

Fig. 3A eine analoge Auswerteeinheit zur Auswertung der Messspannung;

30

Fig. 3B eine Auswerteeinheit mit digitaler Signalverarbeitung zur Auswertung der Messspannung;

Fig. 4A den Strom durch die Spulen als Funktion der Zeit;

35

Fig. 4B die vom magnetischen Wechselfeld induzierte Messspannung U_E als Funktion der Zeit;

Fig. 5A eine weitere geometrische Anordnung der Spulen und Permanentmagnete des magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts;

5 Fig. 5B eine spezielle geometrische Anordnung, bei der die Permanentmagnete senkrecht zu den Spulen orientiert sind; und

Fig. 6 eine weitere geometrische Anordnung, bei der die Spulen und die Permanentmagnete in voneinander beabstandeten Querschnittsebenen des Messrohrs angeordnet sind.

10 Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte nutzen für die volumetrische Strömungsmessung das Prinzip der elektrodynamischen Induktion aus und sind aus einer Vielzahl von Veröffentlichungen bekannt. Senkrecht zu einem Magnetfeld bewegte Ladungsträger des Mediums induzieren eine Messspannung in im Wesentlichen senkrecht zur Durchflussrichtung des Mediums und senkrecht zur Richtung des Magnetfeldes
15 angeordneten Messelektroden. Die in die Messelektroden induzierte Messspannung ist proportional zu der über den Querschnitt des Messrohres gemittelten Strömungsgeschwindigkeit des Mediums, also proportional zum Volumenstrom. Ist die Dichte des Mediums bekannt, lässt sich der Massestrom in der Rohrleitung bzw. in dem Messrohr bestimmen. Die Messspannung wird üblicherweise über ein Messelektrodenpaar
20 abgegriffen, das bezüglich der Koordinate entlang der Messrohrachse in dem Bereich maximaler Magnetfeldstärke angeordnet ist und wo folglich die maximale Messspannung zu erwarten ist. Die Elektroden sind üblicherweise galvanisch mit dem Medium gekoppelt; es sind jedoch auch magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit berührungslos kapazitiv koppelnden Elektroden bekannt.

25 Das Messrohr kann dabei entweder aus einem elektrisch leitfähigen, nichtmagnetischen Material, z.B. Edelstahl, gefertigt sein, oder aus einem elektrisch isolierenden Material bestehen. Ist das Messrohr aus einem elektrisch leitfähigen Material gefertigt, so muss es in dem mit dem Medium in Kontakt kommenden Bereich mit einem Liner aus einem elektrisch
30 isolierenden Material ausgekleidet sein. Der Liner besteht je nach Temperatur und Medium beispielsweise aus einem thermoplastischen, einem duroplastischen oder einem elastomeren Kunststoff. Es sind jedoch auch magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit einer keramischen Auskleidung bekannt.

35 Eine Elektrode lässt sich im Wesentlichen in einen Elektrodenkopf, der zumindest teilweise mit einem Medium, welches das Messrohr durchströmt, in Kontakt kommt, und einen

Elektrodenschaft, der fast vollständig in der Wandung des Messrohrs eingebracht ist, unterteilen.

Die Elektroden sind neben dem Magnetsystem die zentralen Komponenten eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgerätes. Bei der Ausgestaltung und Anordnung der Elektroden ist darauf zu achten, dass sie sich möglichst einfach in dem Messrohr montieren lassen und dass nachfolgend im Messbetrieb keine Dichtigkeitsprobleme auftreten; darüber hinaus sollen sich die Elektroden durch eine empfindliche und gleichzeitig störungsarme Messsignalerfassung auszeichnen.

Neben den Messelektroden, die zum Abgriff eines Messsignals dienen, werden oftmals zusätzliche Elektroden in Form von Bezugs- oder Erdungselektroden in das Messrohr eingebaut, die dazu dienen, ein elektrisches Referenzpotential zu messen oder teilgefüllte Messrohre zu erkennen oder die Mediumstemperatur mittels eingebautem Temperaturfühler zu erfassen.

In der Regel umfasst das Magnetsystem eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgerätes ein Spulenpaar, das dazu ausgelegt ist, ein magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, das sich über den gesamten Querschnitt des Messrohrs hinweg erstreckt. Zur Erzeugung des magnetischen Wechselfeldes werden die Spulen durch einen getakteten Gleichstrom gespeist, der beispielsweise mit einer Frequenz von 8 Hz bzw. 16 Hz die Richtung wechselt.

Der ständige Stromfluss durch das Spulenpaar des Magnetsystems führt zu einer dementsprechend hohen Leistungsaufnahme von magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten. Dabei hängt die Leistungsaufnahme insbesondere vom Rohrquerschnitt ab, wobei bei höheren Rohrquerschnitten eine höhere Leistung zur Erzeugung des magnetischen Wechselfelds erforderlich ist als bei kleineren Rohrquerschnitten. Generell besteht bei magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten das Bedürfnis, die Stromaufnahme zu verringern. Insbesondere bei Zwei-Leiter-Feldgeräten und bei batteriebetriebenen Feldgeräten wäre eine Verringerung der Stromaufnahme von Interesse.

Bei Zwei-Leiter-Feldgeräten erfolgt sowohl die Speisung als auch die Messwertübertragung über ein Paar von Anschlussleitungen. Da bei vielen Zwei-Leiter-Feldgeräten die Messwerte in Form eines Stromwerts übertragen werden, muss das Feldgerät häufig über längere Zeiträume hinweg mit einem vergleichsweise niedrigen Strom auskommen.

Bei batteriebetriebenen Feldgeräten erfolgt die Speisung des Feldgeräts über eine interne Batterie. Batteriebetriebene Feldgeräte werden häufig an schlecht zugänglichen Stellen eingesetzt und sind in der Regel nicht an einen Feldbus angeschlossen. Um eine längere Batterielebensdauer zu ermöglichen, wäre auch hier eine Verringerung der Leistungsaufnahme des Durchflussmessgeräts wünschenswert.

Zur Verringerung der Stromaufnahme von magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten wird vorgeschlagen, zur Überwachung des Durchflusses ein von Permanentmagneten erzeugtes permanentes Magnetfeld zu nutzen, dessen Erzeugung keinen Strom verbraucht, und das für die eigentliche Stromaufnahme verantwortliche Spulensystem des Durchflussmessgeräts nur von Zeit zu Zeit einzuschalten.

In Fig. 1A ist ein magnetisch-induktives Durchflussmessgerät gezeigt, das nach diesem Prinzip arbeitet. Zur Erzeugung des für die Durchflussmessung benötigten magnetischen Wechselfelds ist ein Spulensystem vorgesehen. Das Spulensystem umfasst eine oberhalb des Messrohrs 100 angeordnete erste Spule 101 und einen ersten Polschuh 102 sowie eine unterhalb des Messrohrs 100 angeordnete zweite Spule 103 und einen zweiten Polschuh 104. Die beiden Spulen 101, 103 sind dazu ausgelegt, ein senkrecht zur Fließrichtung 105 des Mediums orientiertes magnetisches Wechselfeld zu erzeugen. Die Polschuhe 102, 104 sind so ausgebildet, dass sich das von den Spulen 101, 103 erzeugte Magnetfeld gemäß einer gewünschten mathematischen Funktion einstellt, die ein möglichst lineares Messverhalten bei verschiedenen Strömungsprofilen garantiert.

Die Richtung des von den Spulen 101, 103 erzeugten magnetischen Wechselfelds ist in Fig. 1A durch den Doppelpfeil 106 veranschaulicht. Durch die Bewegung der Ladungsträger des Mediums wird senkrecht zu dem Magnetfeld eine Messspannung U_E induziert, die über die beiden Messelektroden 107, 108 abgegriffen werden kann. Dazu sind die beiden Messelektroden 107, 108 im Wesentlichen senkrecht zur Fließrichtung 105 des Mediums und senkrecht zur Richtung des magnetischen Wechselfelds angeordnet. Die an den Messelektroden 107, 108 abgegriffene Messspannung U_E ist direkt proportional zur Fließgeschwindigkeit v des Mediums. Je schneller das Medium im Messrohr 100 fließt, desto höher wird die an den Messelektroden 107, 108 abgreifbare Spannung U_E .

Bei dem in Fig. 1A gezeigten Durchflussmessgerät sind zusätzlich zu den Spulen 101, 103 zwei Permanentmagnete 109, 110 oberhalb und unterhalb des Messrohrs 100 angeordnet. Der erste Permanentmagnet 109 ist im Inneren der Spule 101 oberhalb des Messrohrs 100

angeordnet, und der zweite Permanentmagnet 110 ist im Inneren der Spule 103 unterhalb des Messrohrs 100 angeordnet. Durch die beiden Permanentmagnete 109, 110 wird über den Querschnitt des Messrohrs 100 hinweg ein permanentes Magnetfeld erzeugt, das in Richtung des Pfeils 111 ausgerichtet ist. Auch wenn die beiden Spulen 101, 103
5 ausgeschaltet sind und kein magnetisches Wechselfeld erzeugen, wird von den beiden Permanentmagneten 109, 110 ein permanentes Magnetfeld erzeugt. Durch dieses permanente Magnetfeld wird auch bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld in dem fließenden Medium eine Messspannung U_E induziert, die an den Messelektroden 107, 108 abgegriffen werden kann. Die Messspannung U_E hängt dabei von der Fließgeschwindigkeit
10 des Mediums ab.

Die durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung U_E ist von elektrochemischen Potentialeinflüssen beeinflusst und eignet sich daher nur bedingt für eine genaue Bestimmung des absoluten Durchflusswerts. Allerdings ist die von den beiden
15 Permanentmagneten 109, 110 induzierte Messspannung U_E sehr wohl dazu geeignet, den zeitlichen Verlauf des Durchflusses zu überwachen und signifikante Änderungen des Durchflusses zu erkennen. Wenn eine derartige signifikante Änderung des Durchflusses erkannt wird, wird das von den Spulen 101 und 103 erzeugte magnetische Wechselfeld für eine bestimmte Zeitspanne eingeschaltet, um eine genaue Messung des veränderten
20 Durchflusses durchzuführen.

Anders als bei den Lösungen des Stands der Technik sind die Spulen 101, 103 also nicht ständig eingeschaltet, sondern werden nur von Zeit zu Zeit aktiviert, beispielsweise dann, wenn infolge einer Durchflussänderung eine Neubestimmung des Durchflusses erforderlich
25 ist. Die Spulen 101, 103 werden also nur während gewisser Zeitspannen eingeschaltet. Dadurch kann die mittlere Leistungsaufnahme des magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts deutlich abgesenkt werden. Auf diese Weise lassen sich magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte bauen, die einen deutlich verminderten Strombedarf aufweisen.

30 Fig. 1B zeigt ein weiteres magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, wobei sich das Spulensystem des in Fig. 1B gezeigten Durchflussmessgeräts von dem in Fig. 1A gezeigten Spulensystem unterscheidet. In Fig. 1B sind Merkmale, die gleich oder ähnlich zu den bereits in Fig. 1A gezeigten Merkmalen sind, mit denselben Bezugszeichen wie in Fig. 1A
35 versehen, so dass nachfolgend nur auf die Unterschiede eingegangen und im Übrigen auf die Beschreibung von Fig. 1A Bezug genommen wird.

Im Unterschied zu Fig. 1A sind innerhalb der Spulen 101, 103 jeweils Spulenkern 112, 113 angeordnet. Durch diese im Inneren der Spulen 101, 103 angeordneten Spulenkern 112, 113 wird das magnetische Wechselfeld verstärkt und zu den Polschuhen 102, 104 geführt. Der erste Permanentmagnet 114 ist oberhalb des Spulenkerns 112 angeordnet und schließt sich an den Spulenkern 112 an. Der zweite Permanentmagnet 115 ist unterhalb des Spulenkerns 113 angeordnet und schließt sich an den Spulenkern 113 an. Obwohl die Permanentmagnete 114, 115 jeweils auf den vom Messrohr 100 abgewandten Seiten der Spulenkern 112, 113 angeordnet sind, ist das von ihnen erzeugte permanente Magnetfeld stark genug, um das Innere des Messrohrs 100 mit einem gleichmäßigen permanenten Magnetfeld zu durchsetzen.

In Fig. 1C ist eine weitere Möglichkeit zur Ausgestaltung des Spulensystems gezeigt, wobei hier nur die erste Spule 101 gezeigt ist. Im Inneren der ersten Spule 101 ist ein Spulenkern 116 angeordnet, der das Innere der Spule jedoch nur teilweise ausfüllt. Der Rest des Spulinneninneren wird durch einen Permanentmagnet 117 ausgefüllt, der sich an den Spulenkern 116 anschließt und den Spulenkern 116 teilweise ersetzt. Bei der in Fig. 1C gezeigten Lösung schließt der Permanentmagnet 117 bündig mit der ersten Spule 101 ab. Alternativ dazu könnte der Permanentmagnet 117 auch aus der ersten Spule 101 oben herausragen.

In Fig. 2A ist der Ablauf des Messprinzips veranschaulicht. Entlang der Hochachse ist die durch das permanente Magnetfeld verursachte Messspannung U_E aufgetragen, die bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld an den Messelektroden 105, 106 abgegriffen werden kann. Entlang der Rechtsachse ist die Zeit t aufgetragen. Die Kurve 200 zeigt den zeitlichen Verlauf der an den Messelektroden 105, 106 abgreifbaren Messspannung U_E . Während des Zeitintervalls 201 ändert sich die Messspannung U_E nur geringfügig, deshalb wird hier keine genaue Messung veranlasst. Erst zum Zeitpunkt 202 wird ein signifikanter Anstieg der Messspannung U_E detektiert. Dementsprechend wird während der darauf folgenden Zeitspanne 203 das magnetische Wechselfeld eingeschaltet, und es wird ein genauer Messwert für den Durchfluss bestimmt. Während des sich anschließenden Zeitintervalls 204 sind die Änderungen der abgegriffenen Messspannung U_E dann wieder relativ gering. Daher wird während des Zeitintervalls 204 keine genaue Messung des Durchflusses veranlasst.

Bei dem anhand von Fig. 2A beschriebenen Messschema wird jeweils dann eine genaue Messung des Durchflusses veranlasst, wenn eine signifikante Änderung der abgegriffenen

Messspannung U_E detektiert wird, also beispielsweise zum Zeitpunkt 202. Zusätzlich zu diesen Messungen, die jeweils bei signifikanten Veränderungen des Durchflusses angestoßen werden, können darüber hinaus auch in regelmäßigen Zeitabständen ΔT genaue Messungen des Durchflusses durchgeführt werden.

5

Ein derartiges Messschema ist in Fig. 2B dargestellt. Die Kurve 205 zeigt den Verlauf der Messspannung U_E als Funktion der Zeit. In regelmäßigen Zeitintervallen ΔT wird eine genaue Bestimmung des Durchflusses durchgeführt, also zu den Zeitpunkten 206, 207, 208. Zur Durchführung der genauen Messungen wird während der Zeitintervalle 209, 210, 211 jeweils das magnetische Wechselfeld eingeschaltet. Darüber hinaus wird zum Zeitpunkt 212 ein signifikanter Anstieg der Messspannung U_E detektiert, und daher wird während des darauf folgenden Zeitintervalls 213 das magnetische Wechselfeld ebenfalls eingeschaltet. Insgesamt wird das magnetische Wechselfeld also nur während der Zeitintervalle 209, 210, 211, 213 eingeschaltet. Während der restlichen Zeit bleibt das magnetische Wechselfeld ausgeschaltet, was zu einer erheblichen Absenkung des durchschnittlichen Stromverbrauchs führt. Dadurch lassen sich magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte bauen, die einen deutlich verminderten Strombedarf aufweisen. Dies ist insbesondere für Zwei-Leiter-Feldgeräte und batteriebetriebene Feldgeräte von Vorteil.

10

15

20

In Fig. 3A ist eine Auswerteschaltung zur Überwachung der vom permanenten Magnetfeld induzierten Messspannung gezeigt. Die an den beiden Messelektroden 107, 108 abgreifbaren Signalspannungen S1 und S2 werden einem Differenzverstärker 300 zugeführt, der die beiden Signalspannungen S1 und S2 voneinander subtrahiert. Das so erhaltene Differenzsignal 301 wird durch ein Filter 302 gefiltert. Das Filter 302 dient in erster Linie zum Ausfiltern von Störsignalen. Das gefilterte Signal 303 wird einem Differenzierer 304 zugeführt, der die Ableitung des gefilterten Signals 303 bildet. Anhand der Ableitung lässt sich erkennen, wie stark sich das gefilterte Signal 303 pro Zeiteinheit ändert. Das abgeleitete Signal 305 wird einem Komparator 306 zugeführt. Der Komparator 306 vergleicht das abgeleitete Signal 305 mit einem Grenzwert 307, der von einer Referenzwerteinheit 308 zur Verfügung gestellt wird. Solange das abgeleitete Signal 305 unterhalb des Grenzwerts 307 liegt, wird keine neue Durchflussmessung veranlasst, und das magnetisch-induktive Messsystem 310 bleibt ausgeschaltet. Sobald jedoch das abgeleitete Signal 305 den Grenzwert 307 überschreitet, erzeugt der Komparator 306 ein Einschaltsignal 309 (sog. „Wake-Up Signal“), das das magnetisch-induktive Messsystem 310 zur Erzeugung des magnetischen Wechselfelds einschaltet und eine neue Durchflussmessung unter Verwendung des magnetischen Wechselfelds veranlasst.

25

30

35

Der Grenzwert 307 wird von der Referenzwerteinheit 308 zur Verfügung gestellt. Dabei ist es von Vorteil, wenn der von der Referenzwerteinheit 308 erzeugte Grenzwert 307 in Abhängigkeit von der erforderlichen Genauigkeit der Durchflussmessung dynamisch angepasst wird. Durch Anpassen des Grenzwerts kann festgelegt werden, wie häufig eine Neubestimmung des Durchflusswerts durchgeführt wird. Wenn ein vergleichsweise hoher Grenzwert festgesetzt wird, wird nur bei relativ starken Änderungen des Durchflusses eine genaue Messung des Durchflusses veranlasst, die Messungen erfolgen dann also relativ selten. Wenn der Grenzwert dagegen relativ niedrig gewählt wird, dann wird der Grenzwert häufig überschritten, und dementsprechend häufig wird eine genaue Messung des Durchflusswerts veranlasst. Durch Einstellen des Grenzwerts kann dynamisch festgelegt werden, mit welcher Genauigkeit der Durchfluss verfolgt wird.

Dabei kann vorgesehen sein, dass der Grenzwert 307 der Referenzwerteinheit 308 von dem magnetisch-induktiven Messsystem 310 aus mit Hilfe eines Stellsignals 311 eingestellt wird. Wenn die Durchflussmessungen zu häufig erfolgen, wird der Grenzwert 307 durch das magnetisch-induktive Messsystem 310 heraufgesetzt. Wenn die Durchflussmessungen zu selten erfolgen, wird der Grenzwert 307 herabgesetzt.

In Fig. 3B ist eine weitere Auswerteeinheit gezeigt, bei der die vom permanenten Magnetfeld induzierte Messspannung mittels digitaler Signalverarbeitung ausgewertet wird. Die an den beiden Messelektroden 107, 108 abgreifbaren Signalspannungen S1 und S2 werden einem Differenzverstärker 312 zugeführt, der die beiden Signalspannungen S1 und S2 voneinander subtrahiert. Das so erhaltene Differenzsignal 313 wird dann einem Analog-/Digital-Wandler 314 zugeführt, der das Analogsignal in eine Folge von digitalen Abtastwerten umwandelt. Diese digitalen Abtastwerte werden dann einem Mikroprozessor 315 (oder einem digitalen Signalprozessor) zugeführt, welcher ermittelt, wie stark sich die Messspannung U_E pro Zeiteinheit ändert. Wenn die Spannungsänderung ΔU_E pro Zeiteinheit Δt beispielsweise einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, wird eine genaue Messung des Durchflusses veranlasst.

In Fig. 4A und Fig. 4B ist gezeigt, wie eine genaue Messung des Durchflusses mit Hilfe des von den Spulen 101, 103 erzeugten magnetischen Wechselfeldes durchgeführt wird. Derartige Durchflussmessungen werden während des Zeitintervalls 203 in Fig. 2A und während der Zeitintervalle 209, 210, 211, 213 in Fig. 2B durchgeführt. Zur Erzeugung des magnetischen Wechselfeldes werden die beiden Spulen 101, 103 mit einem getakteten Gleichstrom gespeist, der in Fig. 4A als Funktion der Zeit aufgetragen ist. Entlang der

Hochachse ist der Strom I durch die beiden Spulen 101, 103 aufgetragen, und entlang der Rechtsachse ist die Zeit t aufgetragen. Es ist zu erkennen, dass der getaktete Gleichstrom mit einer vorgegebenen Frequenz (beispielsweise 8 Hz bzw. 16 Hz) seine Polarität wechselt. Infolge dieses alternierenden Stromflusses durch die Spulen 101, 103 wird von den Spulen

5 101, 103 ein magnetisches Wechselfeld erzeugt, dessen Richtung entsprechend der Richtung des in Fig. 4A gezeigten Stromflusses ständig wechselt. Während des in Fig. 4A eingezeichneten Messintervalls 400 wechselt das Magnetfeld beispielsweise insgesamt achtmal die Richtung.

10 Durch das magnetische Wechselfeld wird infolge der Bewegung der Ladungsträger des fließenden Mediums eine Messspannung U_E in Richtung quer zum Messrohr 100 induziert, die an den beiden Messelektroden 107, 108 abgegriffen werden kann. Diese Messspannung U_E ist in Fig. 4B als Funktion der Zeit aufgetragen. Anhand von Fig. 4B ist zu erkennen, dass sich die Messspannung U_E im Takt des alternierenden Magnetfelds ändert. Solang das

15 Magnetfeld in eine erste Richtung orientiert ist, also beispielsweise von unten nach oben, wird dem gestrichelt eingezeichneten Spannungsoffset 401 eine Induktionsspannung 402 von positiven Vorzeichen überlagert, und man erhält einen ersten Messspannungswert 403. Sobald das Magnetfeld die Richtung wechselt und jetzt in umgekehrter Richtung orientiert ist, beispielsweise von oben nach unten, wird dem Spannungsoffset 401 eine

20 Induktionsspannung 404 von negativen Vorzeichen überlagert, und man erhält einen zweiten Messspannungswert 405. Indem man nun die Differenz des ersten Messspannungswert 403 und des zweiten Messspannungswerts 405 ermittelt, erhält man eine Differenzspannung ΔU_E , die nicht mehr vom Spannungsoffset 401 abhängig ist. Diese Differenzspannung ΔU_E hängt nur mehr vom Betrag B des magnetischen Wechselfelds ab:

$$\Delta U_E = k \cdot B \cdot D \cdot v ,$$

wobei k eine Proportionalitätskonstante, D den Durchmesser des Messrohrs, v die Strömungsgeschwindigkeit des Mediums und B den Betrag des magnetischen Wechselfelds

30 bezeichnet.

Durch den Einsatz des magnetischen Wechselfeldes lässt sich also der Einfluss des Spannungsoffsets 401 eliminieren. Der Spannungsoffset 401 hängt maßgeblich vom elektrochemischen Potential der beiden Messelektroden 107, 108 ab, welches sich im Laufe

35 der Zeit ändern kann und einer permanenten Drift unterworfen ist. Darüber hinaus trägt zum Spannungsoffset 401 auch der induzierte Spannungsbeitrag bei, der von dem durch die

beiden Permanentmagneten 109, 110 erzeugten permanenten Magnetfeld hervorgerufen wird. Insofern stört die von den beiden Permanentmagneten 109, 110 erzeugte Magnetfeldkomponente nicht bei der genauen Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit v und des Durchflusses, weil dieses permanente Magnetfeld lediglich zum Spannungsoffset 401 beiträgt, der ohnehin durch die Differenzbildung eliminiert wird. Insofern kann durch die Messung mit wechselndem Magnetfeld eine genaue Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit v vorgenommen werden. Auf diese Weise kann der Durchfluss mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Durchflussmessgerät sind die Spulen 101, 103 und die Permanentmagnete 109, 110 entlang derselben Achse ausgerichtet. Hier sind jedoch auch andere geometrische Anordnungen möglich. In Fig. 5A, Fig. 5B und Fig. 6 sind jeweils alternative Anordnungsmöglichkeiten für die Spulen und die Permanentmagnete gezeigt.

In Fig. 5A ist oberhalb des Messrohrs 500 eine erste Spule 501 angeordnet, und unterhalb des Messrohrs 500 ist eine zweite Spule 502 angeordnet. Das von den beiden Spulen 501, 502 erzeugte magnetische Wechselfeld ist durch den Doppelpfeil 503 veranschaulicht. Die beiden Messelektroden 504, 505 sind senkrecht zur Strömungsrichtung des Mediums und senkrecht zu der von den Spulen 501, 502 festgelegten Achse 506 angeordnet. Bei eingeschaltetem magnetischem Wechselfeld kann an den beiden Messelektroden 504, 505 eine Messspannung U_{E1} abgegriffen werden, welche eine genaue Bestimmung des aktuellen Durchflusswerts ermöglicht.

Zusätzlich sind am Messrohr 500 an einander gegenüberliegenden Positionen die beiden Permanentmagnete 507, 508 angeordnet, die über den Querschnitt des Messrohrs 500 hinweg ein permanentes Magnetfeld erzeugen, dessen Richtung durch den Pfeil 509 veranschaulicht ist. Die von den beiden Permanentmagneten 507, 508 festgelegte Achse 510 ist gegenüber der durch die Spulen 501, 502 festgelegten Achse 506 um einen Winkel α verdreht ausgerichtet. Der Winkel α sollte nicht zu klein gewählt werden, weil die unterhalb der Spulen 501, 502 angeordneten Polschuhe einen gewissen Platz beanspruchen. Beispielsweise könnte der Winkel α gleich 45° gewählt werden.

Im Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Lösung, bei der ein einziges Messelektrodenpaar ausreichend war, ist bei dem in Fig. 5A gezeigten Durchflussmessgerät ein zweites Paar von Messelektroden 511, 512 vorgesehen, um die von den Permanentmagneten 507, 508 induzierte Messspannung U_{E2} abgreifen zu können. Die beiden Messelektroden 511, 512

sind senkrecht zur Flussrichtung des Mediums und senkrecht zu der von den beiden Permanentmagneten 507, 508 festgelegten Achse 510 angeordnet. Die an den beiden Messelektroden 511, 512 abgreifbare Spannung U_{E2} erlaubt eine permanente Überwachung des Durchflusses. Jeweils dann, wenn ein genauer Messwert des Durchflusses benötigt
5 wird, wird das Spulensystem für kurze Zeit aktiviert, um das für die genaue Durchflussmessung benötigte magnetische Wechselfeld zu erzeugen.

In Fig. 5B ist ein spezielles Beispiel gezeigt, bei dem die beiden Spulen 513, 514 oberhalb und unterhalb eines Messrohrs 515 angeordnet sind und bei dem die beiden
10 Permanentmagnete 516, 517 senkrecht zu der von den beiden Spulen 513, 514 festgelegten Richtung angeordnet sind. Wenn die beiden Spulen 513, 514 mit einem getakteten Gleichstrom beaufschlagt werden, erzeugen sie ein magnetisches Wechselfeld. Die durch das magnetische Wechselfeld induzierte Spannung U_{E1} kann an den beiden senkrecht zu den Spulen 513, 514 angeordneten Messelektroden 518, 519 abgegriffen werden. Die
15 beiden Messelektroden 518, 519 können sich beispielsweise durch Bohrungen in den Permanentmagneten 516, 517 hindurch ins Innere des Messrohrs 515 erstrecken. Die Auswertung der durch das magnetische Wechselfeld induzierten Messspannung U_{E1} ermöglicht eine genaue Bestimmung des aktuellen Durchflusswerts.

20 Die beiden Permanentmagnete 516, 517 sind in Fig. 5B senkrecht zu den beiden Spulen 513, 514 angeordnet und erzeugen über den Querschnitt des Messrohrs 515 hinweg ein permanentes Magnetfeld. Durch dieses permanente Magnetfeld wird senkrecht zu den beiden Permanentmagneten 516, 517 eine Messspannung U_{E2} induziert, die von den beiden Messelektroden 520, 521 abgegriffen werden kann. Diese beiden Messelektroden 520, 521
25 erstrecken sich durch die Spulen 513, 514 hindurch ins Innere des Messrohrs 515. Anhand der Messspannung U_{E2} kann der Durchfluss im Messrohr 515 permanent überwacht werden, wobei jeweils bei Bedarf das magnetische Wechselfeld eingeschaltet und eine genaue Durchflussmessung unter Verwendung des magnetischen Wechselfelds veranlasst wird.

30 In Fig. 6 ist eine weitere geometrische Anordnung von Spulen und Permanentmagneten in einem magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät gezeigt. Das Spulensystem des Durchflussmessgeräts umfasst eine erste Spule 600, die oberhalb des Messrohrs 601 angeordnet ist, sowie eine zweite Spule 602, die unterhalb des Messrohrs 601 angeordnet ist. Die beiden Spulen 600, 602 sind dazu ausgelegt, über den Querschnitt des Messrohrs
35 601 hinweg ein magnetisches Wechselfeld zu erzeugen. Senkrecht zu der durch die beiden Spulen 600, 602 festgelegten Achse 603 ist ein Paar von Messelektroden 604, 605

angeordnet, die dazu ausgelegt sind, die vom magnetischen Wechselfeld induzierte Messspannung U_{E1} abzugreifen. Die Auswertung dieser durch das magnetische Wechselfeld hervorgerufenen Messspannung U_{E1} erlaubt eine genaue Bestimmung des Durchflusses durch das Messrohr 601.

5

Bei den bisher in Fig. 1, Fig. 5A, Fig. 5B gezeigten Lösungen waren Spulen und Permanentmagnete jeweils in derselben Querschnittsebene des Messrohrs angeordnet. Dagegen sind in Fig. 6 die Spulen 600, 602 und die Messelektroden 604, 605 in einer ersten Querschnittsebene 608 angeordnet, während die Permanentmagnete 606, 607 in einer davon beabstandeten zweiten Querschnittsebene 609 angeordnet sind. Zum Abgreifen der von den Permanentmagneten 606, 607 induzierten Spannung U_{E2} ist in der zweiten Querschnittsebene 609 ein zweites Paar von Messelektroden 612, 613 vorgesehen, das senkrecht zu der durch die Permanentmagnete 606, 607 festgelegten Achse 611 angeordnet ist.

10

15

Die zweite Querschnittsebene 609 ist in einem gewissen Abstand 610 zur ersten Querschnittsebene 608 angeordnet. Die durch die beiden Permanentmagnete 606, 607 festgelegte Achse 611 kann relativ zur Achse 603 in einem beliebigen Winkel α ausgerichtet sein. Die an den beiden Messelektroden 612, 613 abgreifbare Spannung U_{E2} ermöglicht eine ständige Überwachung des Durchflusses durch das Messrohr 601. Nur bei signifikanten Änderungen des Durchflusses bzw. zusätzlich auch in regelmäßigen Zeitabständen wird eine genaue Messung des Durchflusses unter Verwendung des magnetischen Wechselfeldes veranlasst.

20

25

Patentansprüche

1. Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät zur Messung des Durchflusses eines fließfähigen Mediums, wobei das Durchflussmessgerät aufweist
- 5 - ein Messrohr (100, 500, 515, 601),
- ein Paar von Spulen (101, 103, 501, 502, 513, 514, 600, 602), die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein ein- und ausschaltbares magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist,
- 10 gekennzeichnet durch
- ein Paar von Permanentmagneten (109, 110, 114, 115, 507, 508, 516, 517, 606, 607), die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein permanentes Magnetfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur Längsachse des Messrohrs orientiert ist,
- 15 - ein oder mehrere Paare von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden, von denen ein Paar von Messelektroden (107, 108, 511, 512, 520, 521, 612, 613) dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen, und
- eine Auswerteeinheit, die dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld die durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung zu überwachen, zumindest bei einer vordefinierten Änderung der Messspannung das magnetische Wechselfeld einzuschalten und mittels des magnetischen Wechselfeldes einen Messwert für den Durchfluss zu bestimmen.
- 25 2. Durchflussmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit dazu ausgelegt ist, zumindest bei einer vordefinierten Änderung der Messspannung das magnetische Wechselfeld einzuschalten, eine durch das magnetische Wechselfeld oder durch das magnetische Wechselfeld und das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung zu erfassen und basierend auf einer
- 30 Auswertung der von dem magnetischen Wechselfeld oder dem magnetischen Wechselfeld und dem permanenten Magnetfeld induzierten Messspannung einen Messwert für den Durchfluss zu bestimmen.
- 35 3. Durchflussmessgerät nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das von den Spulen erzeugbare magnetische Wechselfeld im Wesentlichen parallel orientiert ist zu dem von den Permanentmagneten erzeugten permanenten Magnetfeld.

4. Durchflussmessgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussmessgerät ein Paar von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden umfasst, die im Wesentlichen senkrecht zu dem magnetischen Wechselfeld und dem permanenten Magnetfeld angeordnet sind, wobei
5 das Paar von Messelektroden dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen und bei eingeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das magnetische Wechselfeld oder durch das magnetische Wechselfeld und das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen.
- 10
5. Durchflussmessgerät nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, gekennzeichnet durch mindestens eines von folgenden:
- die beiden Permanentmagnete sind jeweils innerhalb der beiden Spulen angeordnet;
 - die Permanentmagnete sind anstelle eines Spulenkerns jeweils innerhalb der beiden
15 Spulen angeordnet;
 - die beiden Permanentmagnete sind coaxial mittig zu den beiden Spulen angeordnet;
 - für die Spulen und die Permanentmagnete ist ein gemeinsames Paar von Polschuhen vorgesehen;
 - für die Spulen und die Permanentmagnete ist ein gemeinsames Magnetsystem
20 vorgesehen, wobei das Magnetsystem mindestens eines von Polschuhen, Polblechen und Rückführblechen umfasst.
6. Durchflussmessgerät nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, gekennzeichnet durch mindestens eines von folgenden:
- 25 - jeweils innerhalb der beiden Spulen sind Spulenkern angeordnet, und die Permanentmagnete sind zusätzlich zu den Spulenkernen angebracht;
 - jeweils innerhalb der beiden Spulen sind Spulenkern angeordnet, und die Permanentmagnete sind jeweils zusätzlich zu den Spulenkernen oberhalb oder unterhalb des jeweiligen Spulenkerns angebracht;
 - 30 - jeweils innerhalb der beiden Spulen sind Spulenkern angeordnet, und die Permanentmagnete schließen sich jeweils oberhalb oder unterhalb an die Spulenkern an;
 - jeweils innerhalb der beiden Spulen sind Spulenkern angeordnet, und die Permanentmagnete sind zusätzlich zu den Spulenkernen angebracht und ersetzen die
35 Spulenkern jeweils zumindest zum Teil;

- für die Spulen und die Permanentmagnete ist ein gemeinsames Paar von Polschuhen vorgesehen;
- für die Spulen und die Permanentmagnete ist ein gemeinsames Magnetsystem vorgesehen, wobei das Magnetsystem mindestens eines von Polschuhen, Polblechen und Rückführblechen umfasst.

5

10

15

20

25

30

35

7. Durchflussmessgerät nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das von den Spulen erzeugbare magnetische Wechselfeld um einen vorgegebenen Winkel verdreht zu dem von den Permanentmagneten erzeugten permanenten Magnetfeld orientiert ist.
8. Durchflussmessgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussmessgerät ein erstes Paar von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden umfasst, die im Wesentlichen senkrecht zu dem permanenten Magnetfeld angeordnet sind, wobei das erste Paar von Messelektroden dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen.
9. Durchflussmessgerät nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchflussmessgerät zusätzlich ein zweites Paar von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden umfasst, die im Wesentlichen senkrecht zu dem magnetischen Wechselfeld angeordnet sind, wobei das zweite Paar von Messelektroden dazu ausgelegt ist, bei eingeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das magnetische Wechselfeld oder durch das magnetische Wechselfeld und das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen.
10. Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das von den Spulen erzeugbare magnetische Wechselfeld im Wesentlichen orthogonal ist zu dem von den Permanentmagneten erzeugten permanenten Magnetfeld.
11. Durchflussmessgerät nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
 - das Paar von Permanentmagneten und ein erstes Paar von Messelektroden in einer ersten Querschnittsebene zum Messrohr angeordnet sind, wobei das erste Paar von Messelektroden im Wesentlichen senkrecht zu dem von den Permanentmagneten erzeugten permanenten Magnetfeld angeordnet ist, und

- 5 - das Paar von Spulen und ein zweites Paar von Messelektroden in einer zweiten Querschnittsebene zum Messrohr angeordnet sind, die entlang des Messrohrs um einen Abstand versetzt zur ersten Querschnittsebene angeordnet ist, wobei das zweite Paar von Messelektroden im Wesentlichen senkrecht zu dem von den Spulen erzeugbaren magnetischen Wechselfeld angeordnet ist.
- 10 12. Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit dazu ausgelegt ist, zur Detektion von vordefinierten Änderungen der Messspannung die zeitliche Änderung der Messspannung jeweils mit einem Grenzwert zu vergleichen, bei Überschreiten des Grenzwerts das magnetische Wechselfeld einzuschalten und eine Messung des Durchflusses unter Verwendung des magnetischen Wechselfelds zu veranlassen.
- 15 13. Durchflussmessgerät nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch mindestens von folgenden:
- der Grenzwert für die vordefinierte Änderung der Messspannung ist dynamisch anpassbar;
 - die Auswerteeinheit umfasst einen Differenzierer, der dazu ausgelegt ist, eine Ableitung der Messspannung zu bilden, sowie einen Komparator, der die Ableitung der Messspannung mit einem Grenzwert vergleicht.
- 20 14. Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit dazu ausgelegt ist, zusätzlich zu den bei vordefinierten Änderungen des Durchflusses durchgeführten Messungen des Durchflusswerts in regelmäßigen Zeitabständen das magnetische Wechselfeld einzuschalten und eine Messung des Durchflusses unter Verwendung des magnetischen Wechselfelds durchzuführen.
- 25 15. Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der induzierten Messspannung ein Messspannungsoffset überlagert ist, wobei der Messspannungsoffset durch mindestens eines von folgenden hervorgerufen wird:
- elektrochemische Effekte in der Flüssigkeit,
 - das von den Permanentmagneten erzeugte permanente Magnetfeld.
- 30 16. Durchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit dazu ausgelegt ist, durch periodische Richtungswechsel des
- 35

magnetischen Wechselfelds einen die Messspannung überlagernden Messspannungsoffset zu eliminieren und einen vom Messspannungsoffset unabhängigen Messwert des Durchflusses zu bestimmen.

- 5 17. Verfahren zur Bestimmung eines Durchflusses in einem Messrohr (100, 500, 515, 601) mittels eines magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräts, welches aufweist:
- das Messrohr (100, 500, 515, 601),
 - ein Paar von Spulen (101, 103, 501, 502, 513, 514, 600, 602), die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein ein- und ausschaltbares magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur
10 Längsachse des Messrohrs orientiert ist,
 - ein Paar von Permanentmagneten (109, 110, 114, 115, 507, 508, 516, 517, 606, 607), die einander gegenüberliegend am Messrohr angeordnet sind und dazu ausgelegt sind, ein permanentes Magnetfeld zu erzeugen, das im Wesentlichen quer zur
15 Längsachse des Messrohrs orientiert ist,
 - ein oder mehrere Paare von einander am Messrohr gegenüberliegend angeordneten Messelektroden, von denen ein Paar von Messelektroden (107, 108, 511, 512, 520, 521, 612, 613) dazu ausgelegt ist, bei ausgeschaltetem magnetischen Wechselfeld eine durch das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung abzugreifen,
20 wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
 - Überwachen einer bei ausgeschaltetem magnetischem Wechselfeld durch das permanente Magnetfeld induzierten Messspannung,
 - Detektieren einer vordefinierten Änderung der durch das permanente Magnetfeld induzierten Messspannung,
 - 25 - zumindest im Fall einer vordefinierten Änderung der Messspannung, Einschalten des magnetischen Wechselfelds und Durchführen einer Durchflussmessung mittels des magnetischen Wechselfelds.
- 30 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest dann, wenn die Messspannung eine vordefinierte Änderung überschreitet, das magnetische Wechselfelds eingeschaltet wird, eine durch das magnetische Wechselfeld oder durch das magnetische Wechselfeld und das permanente Magnetfeld induzierte Messspannung erfasst wird und basierend auf der so ermittelten Messspannung ein
35 Messwert für den Durchfluss bestimmt wird.

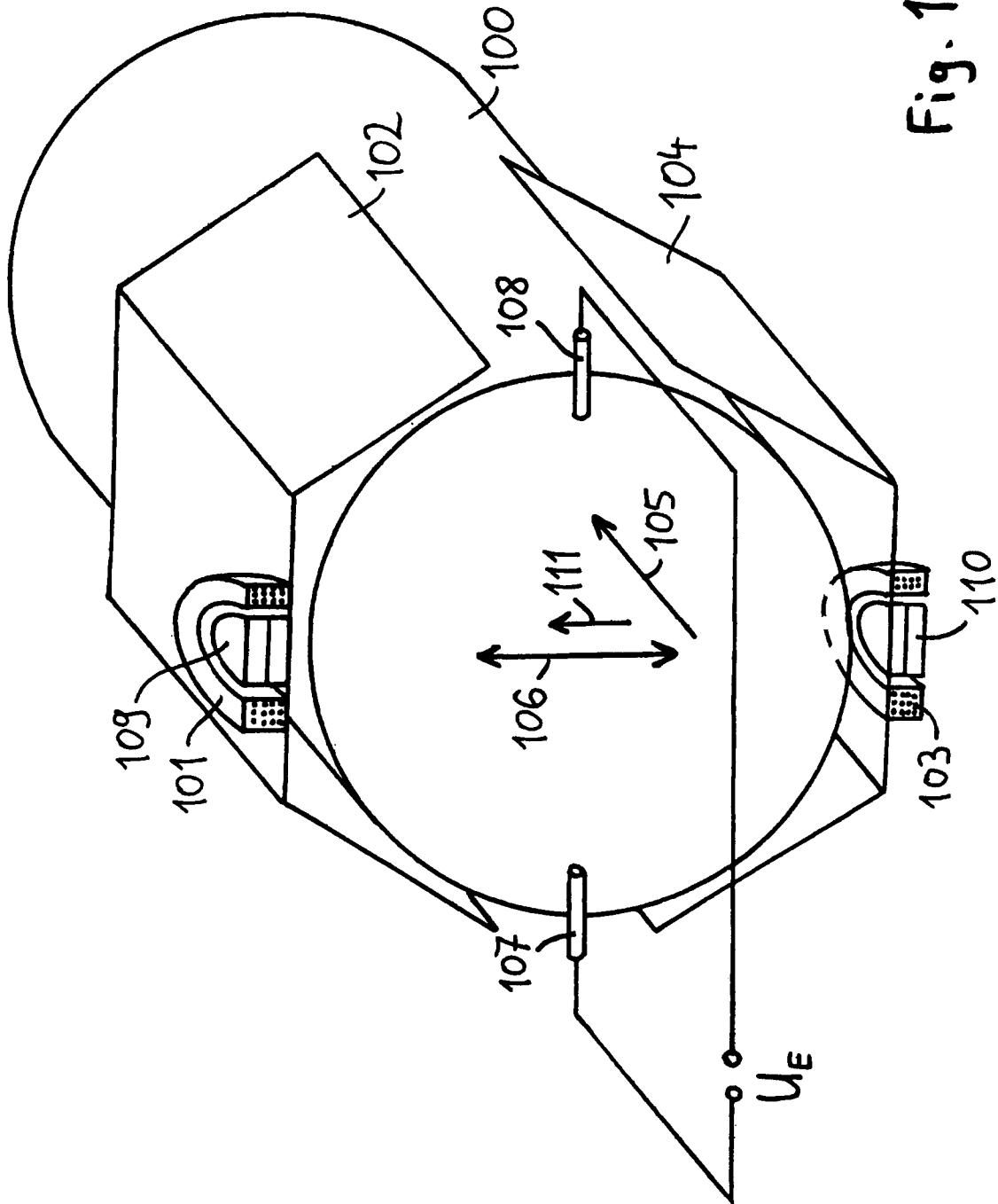


Fig. 1A

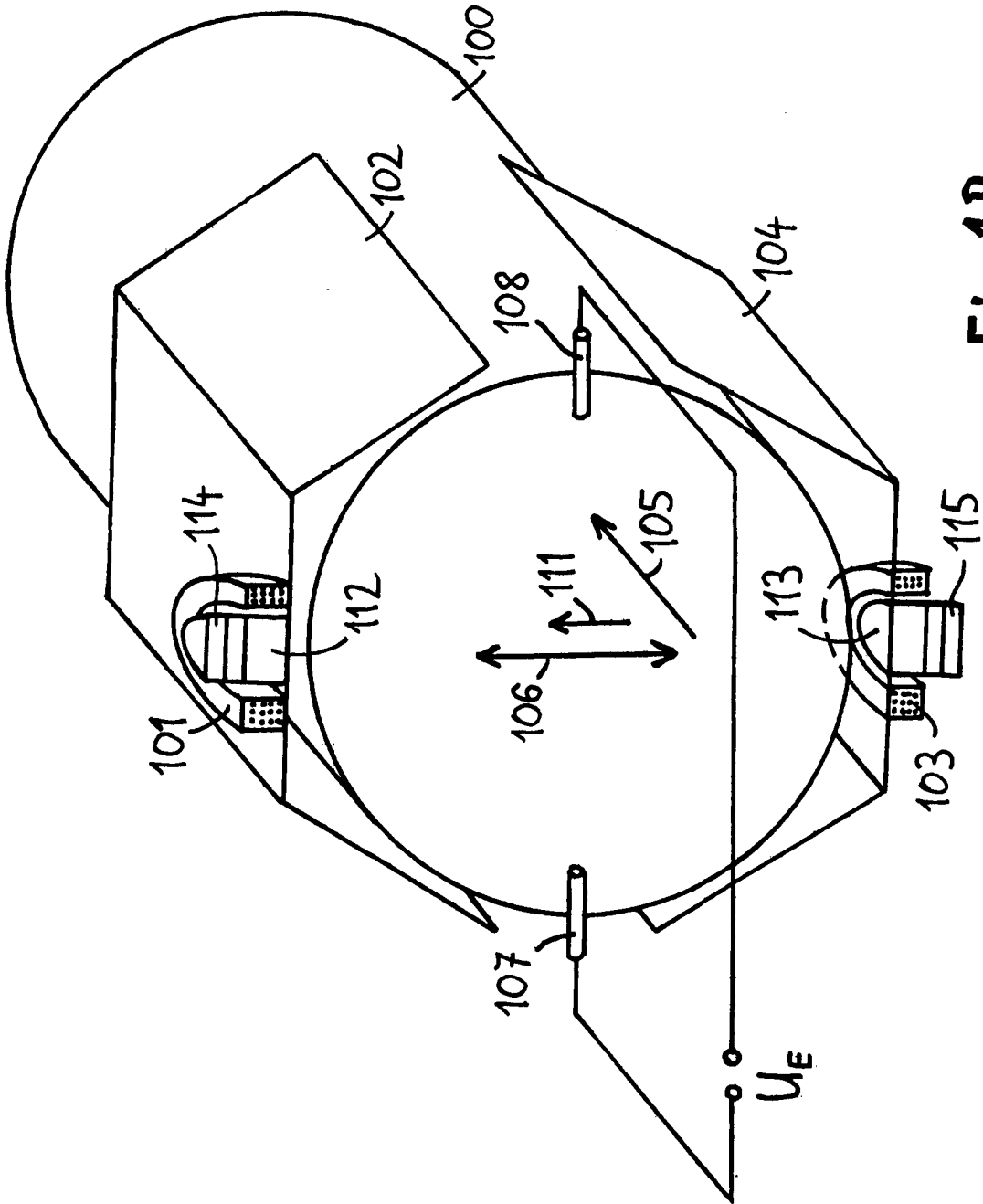


Fig. 1B

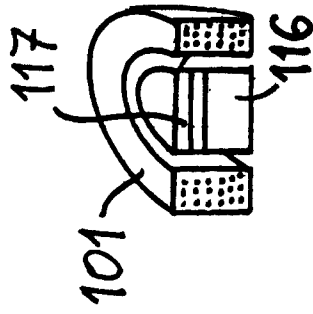
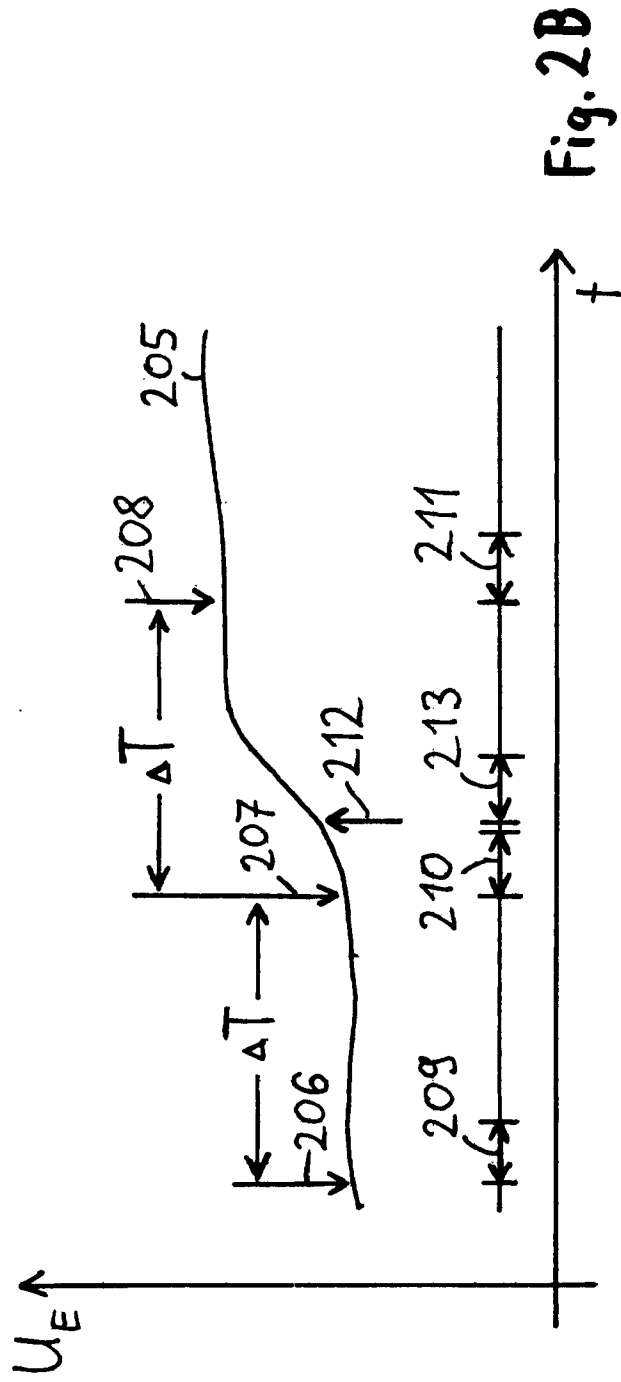
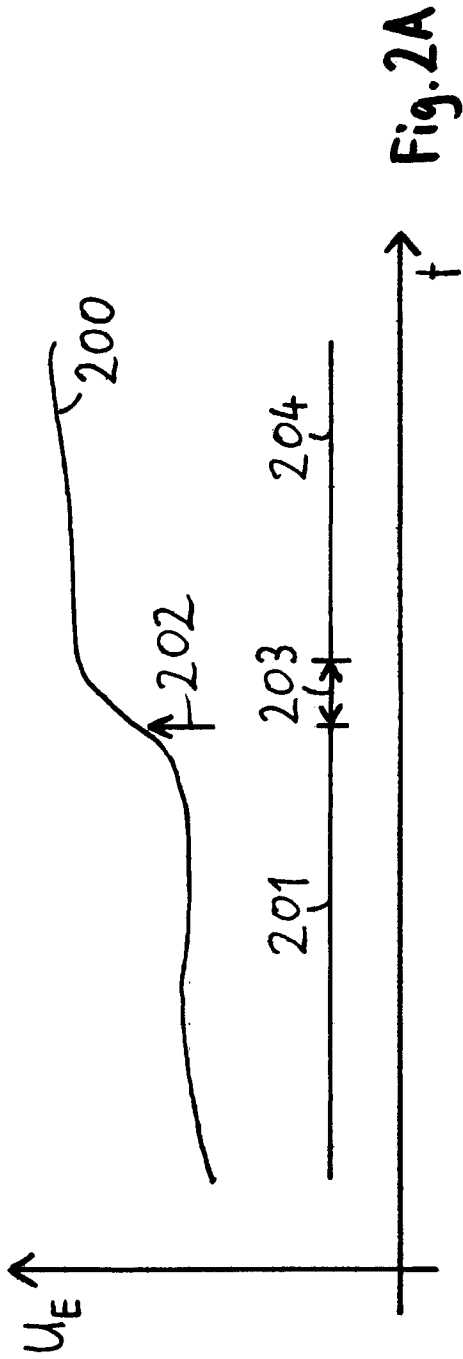


Fig. 1C



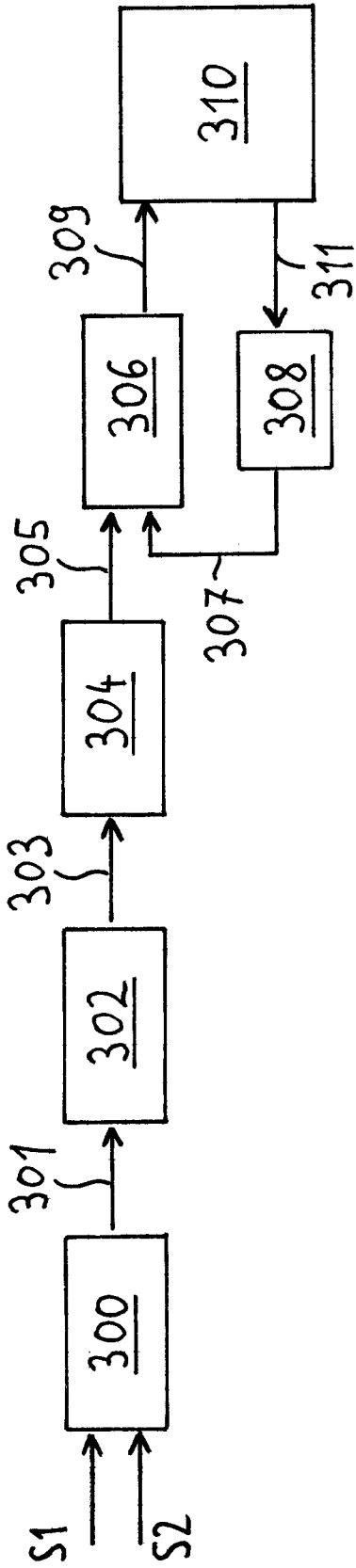


Fig. 3A

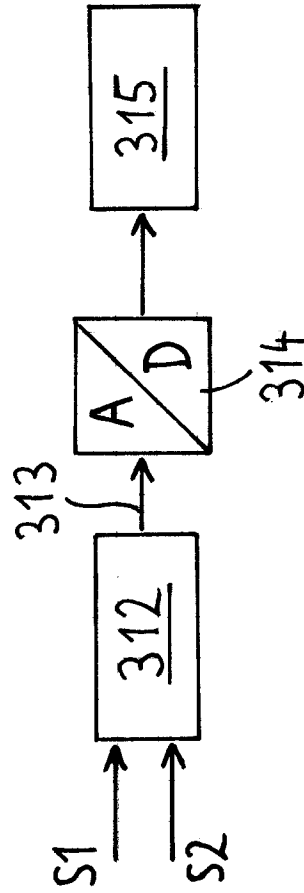


Fig. 3B

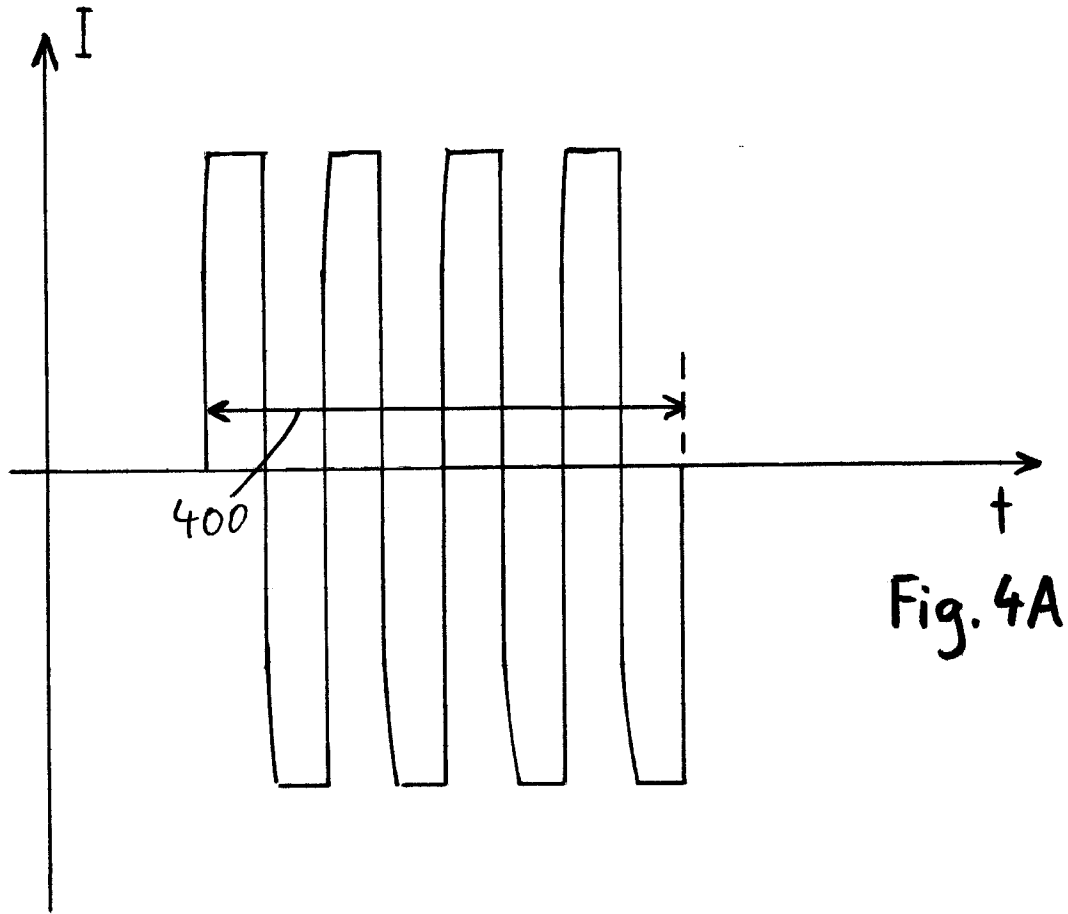


Fig. 4A

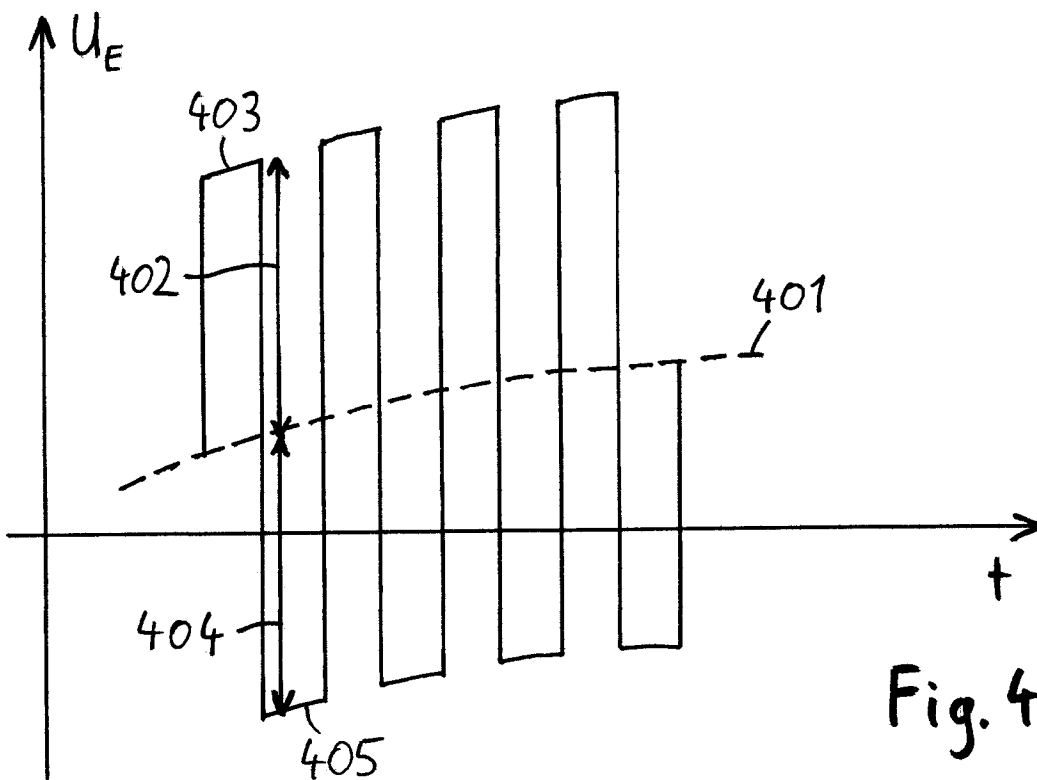


Fig. 4B

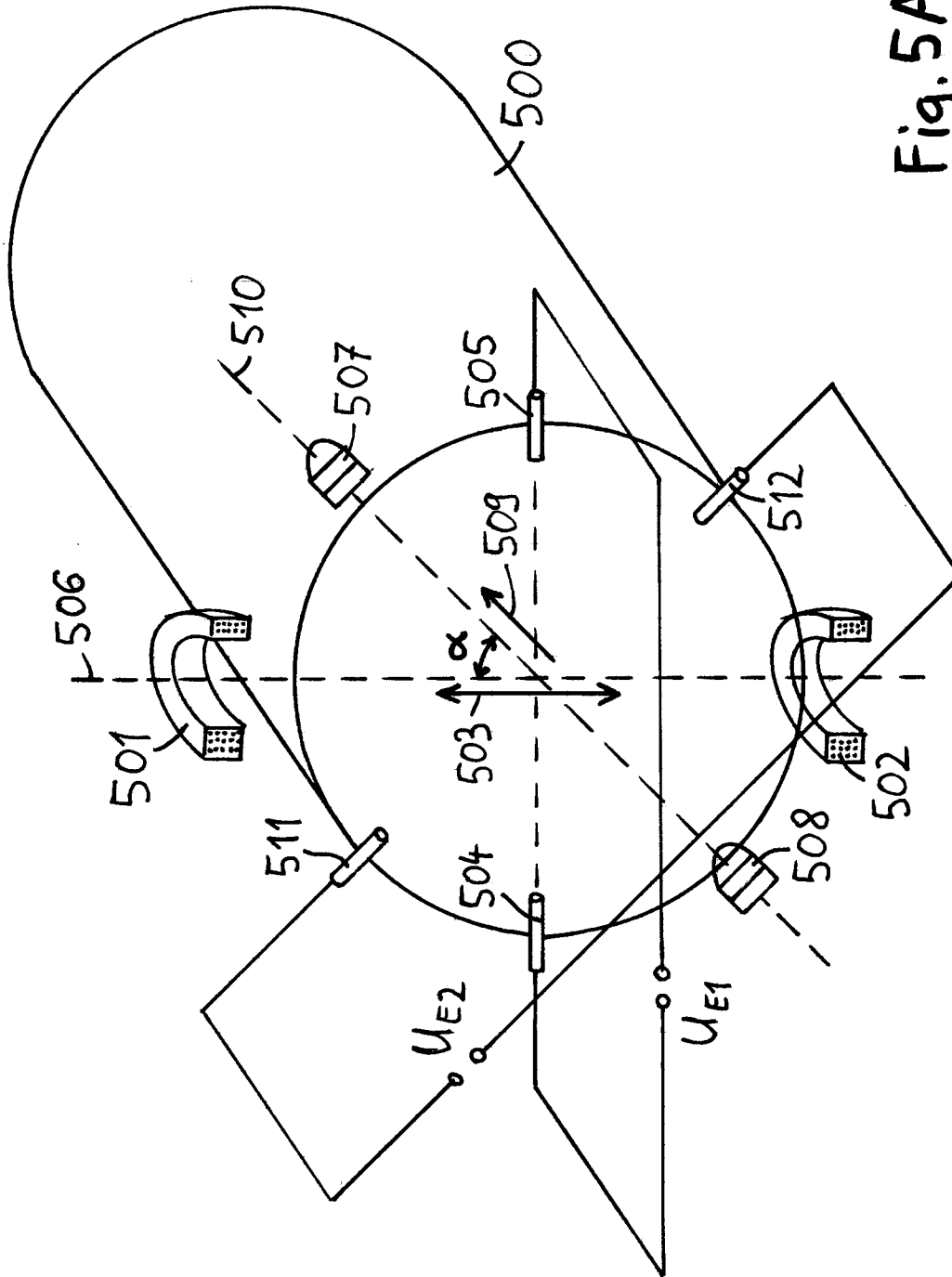


Fig. 5A

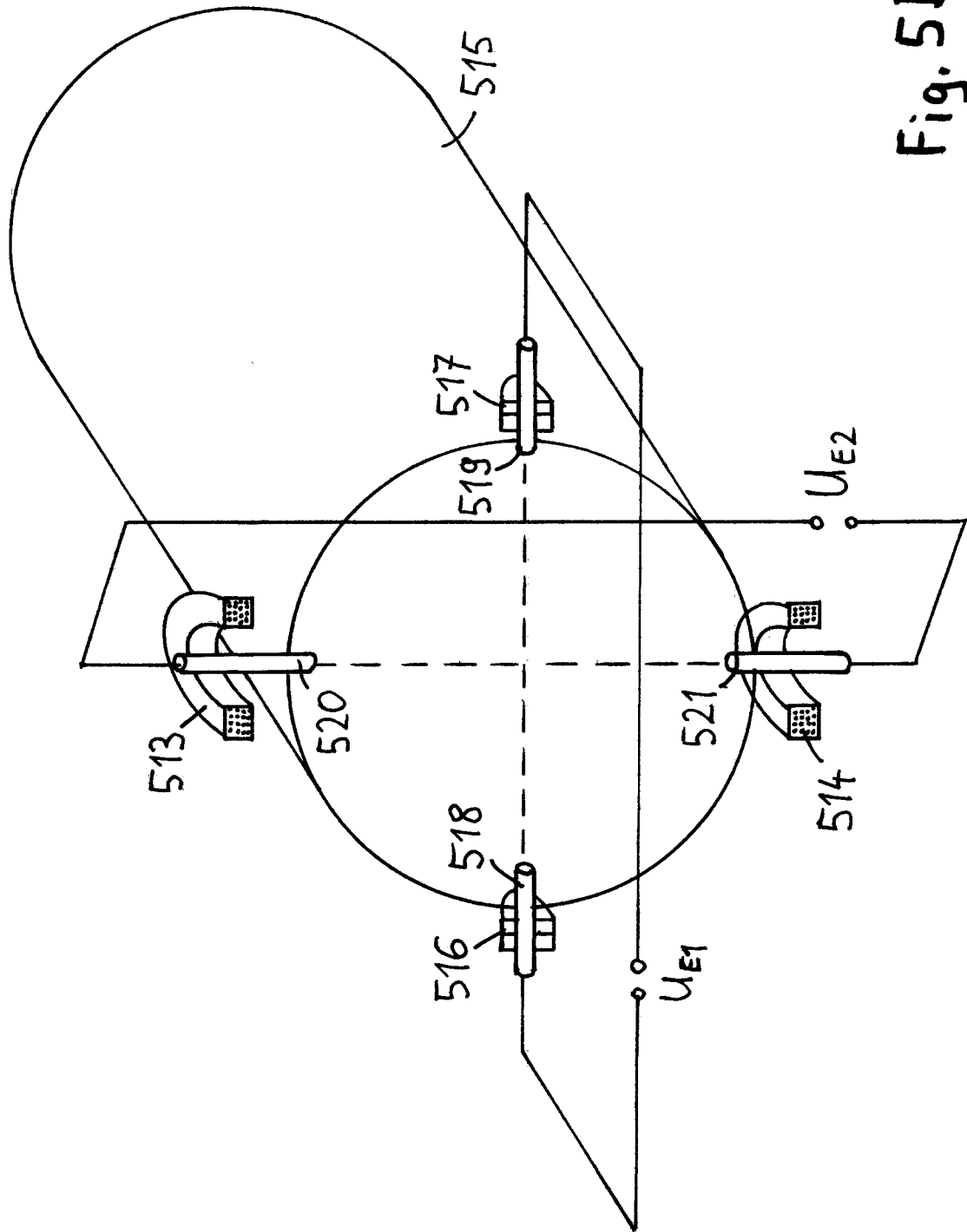


Fig. 5B

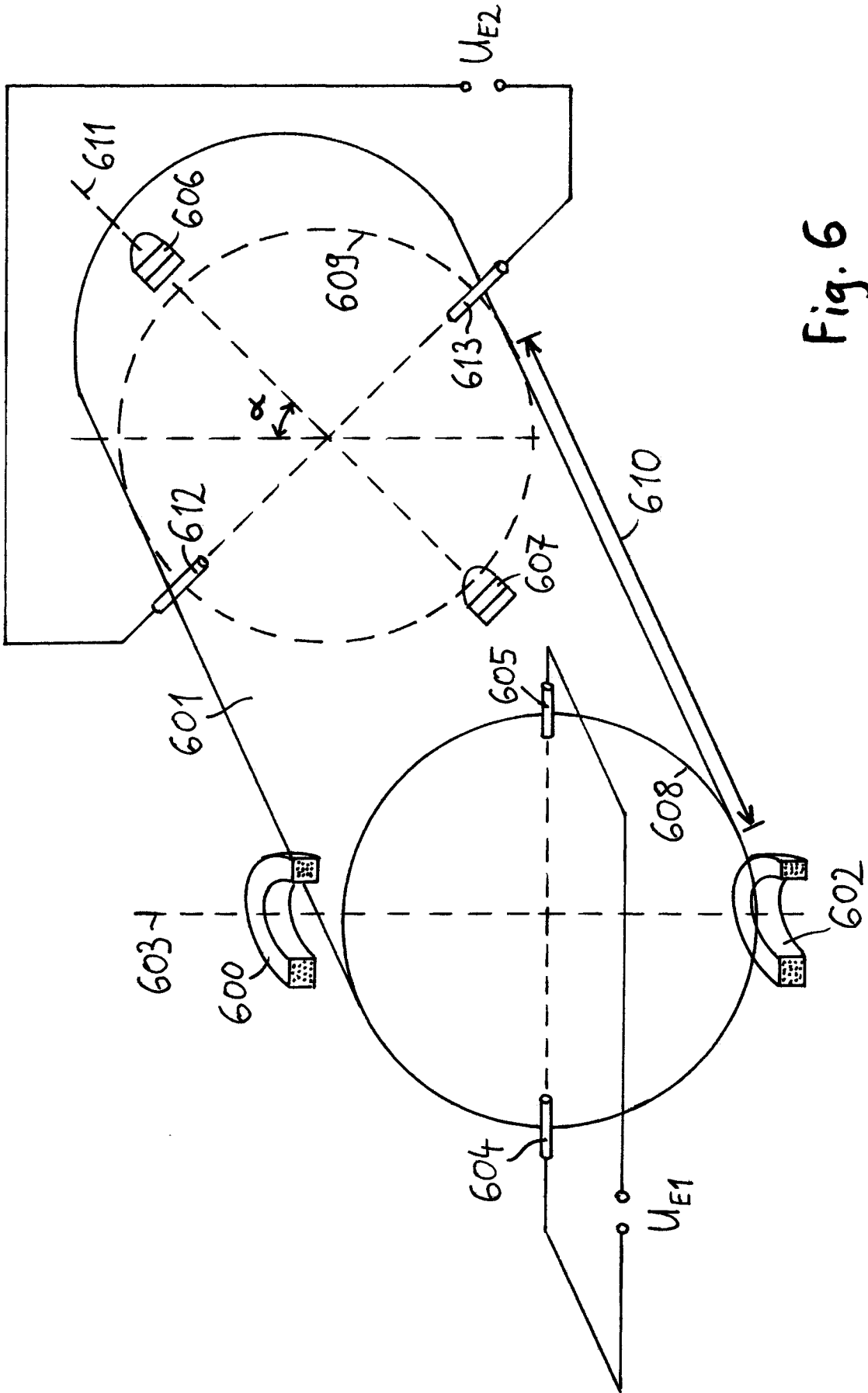


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/053094

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01F1/58
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01F
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 35 30 055 A1 (THURAU KLAUS [DE]; RUECKEL JOHANNES DIPL PHYS [DE]) 5 March 1987 (1987-03-05) figures 1, 5 column 2, line 42 - line 45 column 2, line 59 - column 3, line 19 column 4, line 27 - line 32 column 5, line 9 - line 29 column 5, line 41 - column 6, line 20 column 6, line 43 - line 56 -----	1-18
A	US 3 759 247 A (DOLL H ET AL) 18 September 1973 (1973-09-18) column 2, line 59 - column 3, line 8 ----- -/--	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 10 May 2016	Date of mailing of the international search report 23/05/2016
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Nierhaus, Thomas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/053094

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/009400 A1 (BAKER HUGHES INC [US]; ONG JOO TIM [US]; BUSSEAR TERRY R [US]; EDWARDS) 17 January 2013 (2013-01-17) paragraph [0008] - paragraph [0012]; figure 3 -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/053094

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 3530055	A1	05-03-1987	DE 3530055 A1
			US 4727754 A

US 3759247	A	18-09-1973	AT 321452 B
			BE 771669 A1
			CA 980869 A
			CH 530786 A
			DE 2142211 A1
			DK 138578 B
			FR 2105939 A5
			GB 1365129 A
			IL 37407 A
			JP S5516659 B1
			NL 7111063 A
			NO 133573 B
			SE 373278 B
			SU 528853 A3
			US 3759247 A

WO 2013009400	A1	17-01-2013	AU 2012283099 A1
			GB 2506035 A
			NO 335865 B1
			US 2013018602 A1
			WO 2013009400 A1

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01F1/58 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01F		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 35 30 055 A1 (THURAU KLAUS [DE]; RUECKEL JOHANNES DIPL PHYS [DE]) 5. März 1987 (1987-03-05) Abbildungen 1, 5 Spalte 2, Zeile 42 - Zeile 45 Spalte 2, Zeile 59 - Spalte 3, Zeile 19 Spalte 4, Zeile 27 - Zeile 32 Spalte 5, Zeile 9 - Zeile 29 Spalte 5, Zeile 41 - Spalte 6, Zeile 20 Spalte 6, Zeile 43 - Zeile 56 -----	1-18
A	US 3 759 247 A (DOLL H ET AL) 18. September 1973 (1973-09-18) Spalte 2, Zeile 59 - Spalte 3, Zeile 8 -----	1-18
A	WO 2013/009400 A1 (BAKER HUGHES INC [US]; ONG JOO TIM [US]; BUSSEAR TERRY R [US]; EDWARDS) 17. Januar 2013 (2013-01-17) Absatz [0008] - Absatz [0012]; Abbildung 3 -----	1-18
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
10. Mai 2016		23/05/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Nierhaus, Thomas

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/053094

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3530055	A1	05-03-1987	DE 3530055 A1 05-03-1987
			US 4727754 A 01-03-1988

US 3759247	A	18-09-1973	AT 321452 B 10-04-1975
			BE 771669 A1 31-12-1971
			CA 980869 A 30-12-1975
			CH 530786 A 30-11-1972
			DE 2142211 A1 23-03-1972
			DK 138578 B 02-10-1978
			FR 2105939 A5 28-04-1972
			GB 1365129 A 29-08-1974
			IL 37407 A 10-02-1975
			JP S5516659 B1 06-05-1980
			NL 7111063 A 28-02-1972
			NO 133573 B 16-02-1976
			SE 373278 B 03-02-1975
			SU 528853 A3 15-09-1976
			US 3759247 A 18-09-1973

WO 2013009400	A1	17-01-2013	AU 2012283099 A1 12-12-2013
			GB 2506035 A 19-03-2014
			NO 335865 B1 09-03-2015
			US 2013018602 A1 17-01-2013
			WO 2013009400 A1 17-01-2013
