

(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
16. Oktober 2014 (16.10.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/166479 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 23/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/100121

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. April 2014 (08.04.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 005 963.1 9. April 2013 (09.04.2013) DE

(71) Anmelder: **BALLUFF GMBH** [DE/DE];
Schurwaldstraße 9, 73765 Neuhausen a.d.F. (DE).

(72) Erfinder: **WINKENS, Frank**; Mohnstraße 50, 67067
Ludwigshafen (DE). **GLOCK, Jürgen**; Platanenstraße 25,
69493 Hirschberg (DE).

(74) Anwalt: **JAKELSKI & ALTHOFF**; Patentanwälte,
Mollenbachstraße 37, 71229 Leonberg (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, 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, LT, 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, 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).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: CAPACITIVE FILL LEVEL SENSOR

(54) Bezeichnung : KAPAZITIVER FÜLLSTANDSSENSOR

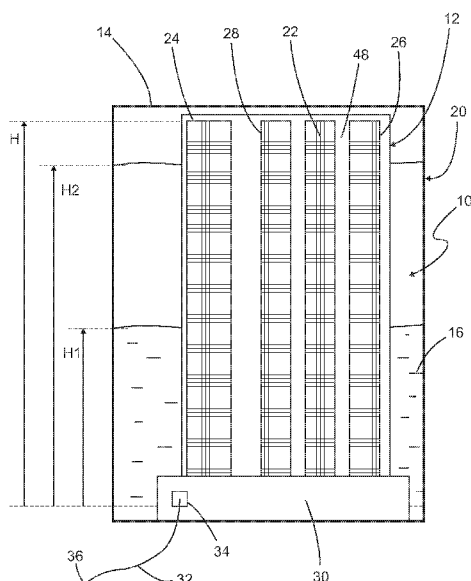


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a capacitive fill level sensor (10) for measuring the fill level (H1, H2; H1', H2') of a medium (18) in a container (14), having an electrode unit (12), which contains a strip-shaped measurement electrode (22), a strip-shaped counter electrode (24) and a strip-shaped shielding electrode (26, 28, 40), the shielding electrode (26, 28, 40) at least partially surrounding the measurement electrode (22). The capacitive fill level sensor (10) according to the invention is characterised in that a first AC voltage source (60) having a predefined frequency and amplitude is provided, to which the shielding electrode (26, 28, 40) is connected such that a shielding capacitor (54, 56, 58) formed between the shielding electrode (26, 28, 40) and the measurement electrode (22) has a shielding capacitance that is proportional to the length of the shielding electrode (26, 28, 40), that a second AC voltage source (68) of equal frequency and a predefined second amplitude is provided, the second amplitude being in phase opposition to the first amplitude, to which AC voltage source the counter electrode (24) is connected, such that a measurement capacitor (52) formed between the counter electrode (24) and the measurement electrode (22) has a measurement capacitance that is proportional to the fill level (H1, H2; H1', H2'), and that the measurement electrode voltage (72) present at the measurement electrode (22) is used to determine the fill level (H1, H2; H1', H2').

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Füllstandssensor (10) zur Messung des Füllstands (H1, H2; H1', H2') eines Mediums (18) in einem Behälter (14), mit einer Elektrodeneinheit (12), die eine streifenförmige Mess-Elektrode (22), eine streifenförmige Gegen-Elektrode (24) und eine streifenförmige Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) enthält, wobei die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) die Mess-Elektrode (22) zumindest teilweise umgibt. Der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor (10) zeichnet sich dadurch aus, dass eine erste Wechselspannungsquelle (60) mit vorgegebener Frequenz und Amplitude vorgesehen ist, an welcher die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) und der Mess-Elektrode (22) ausgebildeter Abschirm-Kondensator (54, 56, 58) eine Abschirm-Kapazität aufweist, die proportional zur Länge der Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) ist, dass eine zweite Wechselspannungsquelle (68) gleicher Frequenz und mit vorgegebener zweiter Amplitude vorgesehen ist, wobei die zweite Amplitude gegenphasig zur ersten Amplitude ist, an welcher die Gegen-Elektrode (24) angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Gegen-Elektrode (24) und der Mess-Elektrode (22) ausgebildeter Mess-Kondensator (52) eine Mess-Kapazität aufweist, die proportional zum Füllstand (H1, H2; H1', H2') ist, und dass die an der Mess-Elektrode (22) liegende Mess-Elektroden-Spannung (72) zur Ermittlung des Füllstands (H1, H2; H1', H2') herangezogen wird.

- 1 -

5

10 **Titel****Kapazitiver Füllstandssensor**

15 Die Erfindung geht aus von einem stufenlosen kapazitiven Füllstandssensor mit einer Elektrodeneinheit nach der Gattung des unabhängigen Anspruchs.

Stand der Technik

20 Kapazitive Füllstandssensoren können zur Messung von Füllständen flüssiger Medien oder von Feststoffen eingesetzt werden. Bei einem kapazitiven Füllstandssensor zur Messung von Füllständen wird eine Mess-Impedanz herausgebildet, deren ohmsche Komponente, insbesondere jedoch deren kapazitive Komponente ein Maß für den Füllstand widerspiegelt.

25 In einer einfachen Ausgestaltung einer Elektrodeneinheit ist eine Mess-Elektrode vorgesehen, die elektrisch isoliert an der Außenwand eines Behälters oder in einer Tauchsonde benachbart zu einer Gegen-Elektrode positioniert ist.

30 In der Offenlegungsschrift DE 10 2009 017 011 A1 ist ein kapazitiver Füllstandssensor beschrieben, der eine Messung der Füllhöhe eines Mediums in einem Behälter ermöglicht. Der kapazitive Sensor umfasst eine Mess-Elektrode und eine Gegen-Elektrode, wobei die Gegen-Elektrode die elektrische

- 2 -

Schaltungsmasse ist, die dem Erdpotenzial entsprechen kann. Die beiden Elektroden bilden einen Mess-Kondensator mit dem Medium als Dielektrikum. Die Kapazität des Mess-Kondensators hängt von der Füllhöhe des Mediums ab. Die Kapazität des Mess-Kondensators wird anhand eines Vergleichs mit der Kapazität eines Referenz-Kondensators gemessen. Beide Kondensatoren sind über jeweils einen Widerstand mit einer Spannungsquelle verbunden. Zur Durchführung der Messung werden beide Kondensatoren durch Einschalter in zeitlicher Folge kurzgeschlossen und somit entladen. Der Spannungsanstieg an den beiden Kondensatoren nach dem Öffnen der Schalter hängt von den Lade-Widerständen und den Kapazitäten ab. Anhand einer Bewertung der Anstiegszeit oder anhand einer Bewertung des zeitlichen Mittelwerts der an den Kondensatoren liegenden Spannungen könnte die Füllhöhe bestimmt werden. Im gezeigten Ausführungsbeispiel werden jedoch die zeitlichen Mittelwerte der Spannungen in einem Komparator miteinander verglichen. Am Ausgang des Komparators steht ein Schaltsignal zur Verfügung, welches signalisiert, dass die Füllhöhe ein bestimmtes Maß überschritten hat oder darunter liegt.

In einem Ausführungsbeispiel ist die Mess-Elektrode auf beiden Seiten und auf der Rückseite mit einer Abschirm-Elektrode umgeben, um die elektromagnetischen Umgebungseinflüsse zu eliminieren. Bei der Abschirmung handelt es sich um eine aktive Abschirmung, bei welcher das Potenzial der Abschirm-Elektrode auf dem Potenzial der Mess-Elektrode gehalten wird. Dadurch weist die Kapazität des Kondensators, der von der Mess-Elektrode und der Abschirm-Elektrode gebildet wird, einen Wert von wenigstens näherungsweise null auf.

Aufgrund einer absoluten Messung der Kapazität des von der Mess-Elektrode und der Gegen-Elektrode gebildeten Mess-Kondensators ist die Elektrodeneinheit fest vorgegeben und muss im Hinblick auf die Beschaffenheit des Mediums jeweils kalibriert werden.

Aus der Offenlegungsschrift DE 199 49 985 A1 geht ein kapazitiver Füllstandssensor hervor, der im Rahmen eines Oszillationsverfahrens betrieben wird. Die Betriebsfrequenz liegt in einem Bereich von 5 – 10 MHz. Zur Kompensation der Behälterwandkapazität sowie zur Kompensation eines Anhaftungsrests des elektrisch leitfähigen Mediums im Bereich der Elektroden ist eine weitere Elektrode vorgesehen. Die vergleichsweise hohe Betriebsfrequenz bis 10 MHz stellt entsprechend hohe Anforderungen an die elektrische Abschirmung des kapazitiven Füllstandssensors zur Erfüllung der EMV-Vorschriften. Die Schaltungsanordnung zum Betreiben des beschriebenen Mess-Kondensators erfordert einen absoluten Bezug zum Erdpotenzial. Hierdurch hängt die Funktion des vorbekannten kapazitiven Füllstandssensors von der Ausgestaltung des Behälters ab, in welchem das Medium gelagert ist, dessen Füllhöhe gemessen werden soll.

Die Offenlegungsschrift DE 10 2009 002 674 A1 beschreibt einen kapazitiven Füllstandssensor, bei welchem eine Mess-Elektrode vorgesehen ist, die mit einer elektrischen Schaltungsmasse als Gegen-Elektrode den Mess-Kondensator bildet. Der Mess-Kondensator ist Teil eines Serien-Schwingkreises, dessen Schwingfrequenz von der Impedanz des Mediums abhängt. Die Leitfähigkeit des Mediums hat einen Einfluss auf die Güte des den Mess-Kondensator enthaltenden Schwingkreises, sodass der Füllstand des Mediums anhand einer Bewertung der Amplitude und der Frequenz des Schwingungssignals ermittelt werden kann. Durch die Einbeziehung der elektrischen Schaltungsmasse kann die vorbekannte Vorgehensweise nur in Tauchsonden mit geerdetem Metallgehäuse verwendet werden, wobei die Mess-Elektrode immer nahe der Metallgehäusefläche angeordnet sein muss.

In der Offenlegungsschrift DE 41 31 582 A1 ist ein kapazitiver Füllstandssensor beschrieben, der eine Mess-Elektrode, eine hinter der Mess-Elektrode angeordnete Abschirm-Elektrode sowie eine Gegen-Elektrode aufweist, wobei die Gegen-Elektrode durch die metallische Behälterwand gebildet wird. Die Mess-Elektrode

- 4 -

und die metallische Behälterwand bilden einen Mess-Kondensator, dessen Kapazität vom Füllstand des Mediums abhängt.

Das Gebrauchsmuster DE 7138801 U beschreibt einen kapazitiven Füllstandssensor mit einer in das Medium eintauchenden Elektrodeneinheit, welche eine streifenförmige Mess-Elektrode und eine streifenförmige Gegen-Elektrode enthält. Die beiden Elektroden bilden einen Mess-Kondensator, dessen Kapazität vom Füllstand des Mediums abhängt. Die Mess- und Gegen-Elektrode sind nebeneinander an einer einseitig mit dem Medium in Berührung stehenden dielektrischen Behälterwand angeordnet. Auf der dem Medium abgewandten Seite der Mess-Elektrode ist eine Abschirm-Elektrode angeordnet. Die Mess-Elektrode und die Abschirm-Elektrode werden auf demselben Potenzial gehalten, sodass zwischen der Abschirm-Elektrode und der Mess-Elektrode kein elektrisches Feld und somit keine Kapazität auftreten kann. Der Mess-Kondensator wird dadurch ausschließlich von der Gegen-Elektrode und der Mess-Elektrode gebildet, wobei nur dasjenige elektrische Feld wirksam wird, welches innerhalb des Mediums verläuft, jedoch nicht das zwischen der Gegen-Elektrode und der Abschirm-Elektrode auftretende elektrische Feld. Das Messergebnis wird dadurch von der zwischen der Gegen-Elektrode und der Abschirmung herausgebildete Kapazität nicht beeinflusst und hängt dadurch wenigstens näherungsweise nur vom Füllstand des Mediums ab.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kapazitiven Füllstandssensor anzugeben, welcher eine einfache Anpassung an unterschiedliche Füllstands-Messbereiche beziehungsweise unterschiedlich hohe Behälter ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch die im unabhängigen Anspruch angegebenen Merkmale gelöst.

Offenbarung der Erfindung

- 5 -

Die Erfindung geht von einem kapazitiven Füllstandssensor zur stufenlosen Messung des Füllstands eines Mediums in einem Behälter aus, der eine Elektrodeneinheit umfasst, welche eine streifenförmige Mess-Elektrode, eine streifenförmige Gegen-Elektrode sowie eine streifenförmige Abschirm-Elektrode enthält, wobei die Abschirm-Elektrode die Mess-Elektrode zumindest teilweise umgibt.

Der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor zeichnet sich zunächst dadurch aus, dass eine erste Wechselspannungsquelle mit vorgegebener Frequenz und Amplitude vorgesehen ist, an welcher die Abschirm-Elektrode angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Abschirm-Elektrode und der Mess-Elektrode ausgebildeter Abschirm-Kondensator eine Abschirm-Kapazität aufweist, die proportional zur Länge der Abschirm-Elektrode ist.

Der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor zeichnet sich weiterhin dadurch aus, dass eine zweite Wechselspannungsquelle gleicher Frequenz und mit vorgegebener zweiter Amplitude vorgesehen ist, wobei die zweite Amplitude gegenphasig zur ersten Amplitude ist, an welcher die Gegen-Elektrode angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Gegen-Elektrode und der Mess-Elektrode ausgebildeter Mess-Kondensator eine Mess-Kapazität aufweist, die proportional zum Füllstand ist.

Die an der Mess-Elektrode abgreifbare Mess-Elektroden-Spannung ist vom Verhältnis der Abschirm-Kapazität zu Mess-Kapazität abhängig und wird so zur Ermittlung des Füllstands herangezogen. Hierbei kann die Mess-Elektroden-Spannung oder ein daraus abgeleitetes Signal als Ausgangssignal für ein Maß des Füllstands ausgegeben werden. Alternativ kann die Mess-Elektroden-Spannung im Rahmen einer Regelung verwendet werden, wobei eine Regelspannung als Ausgangssignal für ein Maß des Füllstands bereitgestellt werden kann.

- 6 -

Der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor ist ein hochflexibler Sensor zur direkten und stufenlosen Umsetzung des Füllstands eines Mediums in einem Behälter in ein korrespondierendes Ausgangssignal. Als Ausgangssignal kann beispielsweise eine analoge Spannung im Bereich von 0 – 10 V oder
5 beispielsweise ein eingepprägter Strom im Bereich von 4 – 20 mA vorgesehen sein.

Der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor wird vorzugsweise auf einer nicht metallischen Außenwand des Behälters angeordnet. Das Ausgangssignal spiegelt jederzeit ein Maß für die aktuelle Höhe des Füllstands im gesamten
10 Messbereich von null, entsprechend dem unteren Ende der Elektroden Einheit, bis zum Maximalwert, entsprechend dem oberen Ende der Elektroden Einheit wider.

Ein ganz besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors mit der Elektroden Einheit liegt darin, dass die Länge der Elektroden Einheit individuell durch einfaches Abschneiden auf einen vorgegebenen
15 Füllstands-Messbereich, entsprechend einer vorgegebenen Höhe des Behälters, angepasst werden kann. Daher kann der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor preiswert beispielsweise als Meterware hergestellt und geliefert werden.

Das Ausgangssignal nutzt unabhängig von der Länge der Elektroden Einheit stets denselben vorgesehenen elektrischen Bereich aus, der zwischen dem minimalen und den maximalen zu messenden Füllstand liegt, wobei lediglich vorausgesetzt wird, dass die Dicke der Wand des Behälters sowie insbesondere die elektrischen
20 Eigenschaften des Mediums wenigstens näherungsweise gleich bleiben. So werden ohne weiteren Eingriff in eine signalverarbeitende Anordnung ein Füllstands-Messbereich bei einem Behälter von beispielsweise 10 cm maximalem Füllstand oder bei einem hohen Behälter von beispielsweise 100 cm maximalem Füllstand auf den gleichen Bereich des Ausgangssignals von den bereits
25 beispielsweise genannten 0 – 10 V oder 4 – 20 mA verteilt.
30

- 7 -

Sowohl die Mess-Kapazität des Mess-Kondensators als auch die Abschirm-Kapazität des Abschirm-Kondensators ändern sich sowohl mit der frei wählbaren Länge der Elektrodeneinheit als auch in Abhängigkeit vom Füllstand gleich.

Aufgrund des Gleichlaufs der beiden Kapazitäten bleibt das füllstandsabhängige Verhältnis der Mess-Kapazität bezogen auf die Abschirm-Kapazität unabhängig von der frei konfigurierbaren Länge der Elektrodeneinheit konstant. Unter der oben genannten Voraussetzung durchläuft das Ausgangssignal somit immer den gleichen Hub beziehungsweise Wertebereich unabhängig davon, ob die Länge der Elektrodeneinheit beispielsweise nur 10 cm oder beispielsweise 100 cm beträgt.

Aufgrund der gegenphasigen Beaufschlagung der Gegen-Elektrode einerseits und der Abschirm-Elektrode andererseits mit den von beiden Wechselspannungsquellen bereitgestellten Wechselspannungen ist das Potenzial der elektrischen Feldlinien in der geometrischen Mitte zwischen der Mess-Elektrode und der Gegen-Elektrode identisch mit dem Erdpotenzial beziehungsweise der Schaltungsmasse. Die Messergebnisse sind somit unabhängig von den Erdungsverhältnissen am Behälter.

Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstände jeweils von abhängigen Ansprüchen.

Eine erste Ausgestaltung sieht vor, dass die Abschirm-Elektrode als eine dritte streifenförmige Abschirm-Elektrode ausgebildet ist, die auf der hinteren, vom Behälter abgewandte Seite der Mess-Elektrode angeordnet ist und dass die dritte Abschirm-Elektrode die Mess-Elektrode überdeckt. Mit dieser Maßnahme wird nicht nur der Abschirm-Kondensator gebildet, sondern es wird gleichzeitig eine elektromagnetische Abschirmung gegenüber Störsignalen aus der Umgebung erzielt.

Eine alternative oder zusätzliche Ausgestaltung sieht vor, dass die Abschirm-Elektrode zusätzlich als eine erste streifenförmige Abschirm-Elektrode und als eine

zweite streifenförmige Abschirm-Elektrode ausgebildet ist, dass die erste Abschirm-Elektrode auf der einen Seite neben der Mess-Elektrode und die zweite Abschirm-Elektrode auf der anderen Seite neben der Mess-Elektrode angeordnet sind und dass die erste, zweite und dritte Abschirm-Elektrode elektrisch miteinander
5 verbunden sind. Aufgrund der Tatsache, dass die erste und zweite Abschirm-Elektrode in der gleichen Ebene wie die Mess-Elektrode angeordnet sind, ergibt sich eine einfache Montage der ersten und zweiten Abschirm-Elektrode.

Im elektrischen Feld zwischen der ersten Abschirm-Elektrode und der Mess-Elektrode beziehungsweise zwischen der zweiten Abschirm-Elektrode und der
10 Mess-Elektrode liegt die Wand des Behälters. Der Wert der beiden Teil-Abschirm-Kapazitäten ist somit vom Dielektrikum der Wand des Behälters abhängig. Mit einer Erhöhung des Dielektrikums der Wand des Behälters erhöht sich nicht nur die Abschirm-Kapazität, sondern auch die Kopplung beziehungsweise die aus der
15 Kopplung resultierende Spannung an der Mess-Elektrode. Gleichzeitig erhöht sich jedoch auch die Kopplung von der Mess-Elektrode hin zum Medium. Der Einfluss des Materials der Wand des Behälters wird auf diese Weise innerhalb gewisser Grenzen kompensiert. Gleiches gilt auch für einen Anhaftungsrest von
20 schäumenden, an der Innenwand des Behälters anhaftenden Medien, die insbesondere bei einem sinkenden Füllstand auftreten können.

Eine Weiterbildung dieser Ausgestaltung sieht vor, dass die Gegen-Elektrode, die Mess-Elektrode sowie die erste und zweite Abschirm-Elektrode auf einer
Trägerschicht angeordnet sind, die beispielsweise als Flexplatine realisiert ist.

Gemäß einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass zumindest im Bereich zwischen der dritten Abschirm-Elektrode einerseits und der Mess-Elektrode, der ersten
Abschirm-Elektrode sowie der zweiten Abschirm-Elektrode eine Isolierschicht
vorgesehen ist. Die Isolierschicht, die vorzugsweise eine niedrige
30 Dielektrizitätskonstante aufweist, ermöglicht eine einfache Vorgabe der Abschirm-Kapazität bei der Fertigung bezogen auf die Längeneinheit der Elektrodenheit.

- 9 -

Vorzugsweise ist die Isolierschicht als ein Schaumstoff-Klebeband realisiert. Dadurch wird insbesondere eine leichte Anpassung der Elektrodeneinheit an die Krümmung der Außenwand des Behälters möglich.

5 Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Rückseite der Elektrodeneinheit, entsprechend der Rückseite der dritten Abschirm-Elektrode und der Gegen-Elektrode mit einer isolierenden Schutzschicht überzogen ist. Dadurch werden die beispielsweise aus Kupferfolie hergestellten Elektroden gegenüber Umwelteinflüssen geschützt.

10

Eine andere Ausgestaltung sieht vor, dass auf der dem Behälter zugewandten Seite der Elektrodeneinheit eine Klebeschicht zum Fixieren der Elektrodeneinheit auf der Außenwand des Behälters vorgesehen ist. Die Klebeschicht ermöglicht insbesondere eine einfache Montage auf einer gekrümmten Außenwand des Behälters.

15

Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors sieht vor, dass die Mess-Elektrode, die Gegen-Elektrode sowie die Abschirm-Elektrode unmittelbar auf einer Platine einer ersten Elektroneinheit
20 angeschlossen sind, welche direkt am Behälter angeordnet ist. Die Elektroden werden direkt auf der Platine verlötet. Insbesondere kann die Elektroneinheit eine signalverarbeitende Anordnung zum Ansteuern der Elektroden sowie die vollständige Auswerteschaltung enthalten, sodass am Ausgang der ersten Elektroneinheit ein Ausgangssignal bereitgestellt werden kann, welches den
25 Füllstand widerspiegelt.

25

Alternativ kann eine von der Elektrodeneinheit getrennte zweite Elektroneinheit vorgesehen sein.

30

Eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors sieht vor, dass die zweite Wechselspannungsquelle als Invertierer realisiert ist, dessen

- 10 -

Eingang an der ersten Wechselspannungsquelle angeschlossen ist. Mit dieser Maßnahme wird die Realisierung der zweiten Wechselspannungsquelle besonders preisgünstig, wobei gleichzeitig die Bereitstellung der gegenphasigen Wechselspannung sichergestellt ist. Der Invertierer wird vorzugsweise auf einen Verstärkungsfaktor von wenigstens näherungsweise eins eingestellt. Durch eine
5 Änderung des Verstärkungsfaktors kann eine Adaption an unterschiedliche Geometrien der Elektroden ohne besonderen Aufwand erfolgen.

Eine andere Ausgestaltung sieht vor, dass die Frequenz der Wechselspannungsquellen auf einen Wert zwischen 0,1 MHz und 30 MHz
10 festgelegt ist. Die Auswahl der Frequenzen in dem angegebenen Bereich ermöglicht zum einen eine ausreichende Kopplung der Wechselspannung von der Abschirm-Elektrode und der Gegen-Elektrode auf die Mess-Elektrode. Zum anderen können die Wechselspannungen in diesem Frequenzbereich mit
15 einfachen Mitteln realisiert werden. Vorzugsweise wird die Frequenz beispielsweise auf wenigstens näherungsweise 1 MHz festgelegt.

Eine Ausgestaltung sieht einen Gleichrichter zum Gleichrichten der an der Mess-Elektrode auftretenden Mess-Elektroden-Spannung vor, wobei die am Ausgang
20 des Gleichrichters anliegende Gleichspannung als Ausgangssignal herangezogen werden kann, welches als ein Maß für den Füllstand gewertet werden kann.

Aufgrund der erwarteten geringen Kapazitäten und somit hohen Quellenimpedanz des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors ist zwischen der Mess-
25 Elektrode und dem Gleichrichter vorzugsweise ein Impedanzwandler geschaltet, der die Mess-Elektrode nur gering belastet und den nachgeschalteten Gleichrichter niederohmig ansteuern kann.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass die erste
30 Wechselspannungsquelle als gesteuerte Wechselspannungsquelle realisiert ist, deren Ausgangsspannung in Abhängigkeit von einer Regelspannung änderbar ist.

- 11 -

Die Regelspannung wird in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Vergleichers festgelegt, der die vom Gleichrichter bereitgestellte Gleichspannung mit einer fest vorgegebenen Referenzspannung vergleicht. Dadurch entsteht ein geschlossener Regelkreis, der die an der Mess-Elektrode abgreifbare Mess-Elektroden-Spannung
5 konstant hält. Bei dieser Weiterbildung kann die Regelspannung als Ausgangsspannung herangezogen werden, welche ein Maß für den Füllstand widerspiegelt. Letztendlich wird auch bei dieser Weiterbildung die an der Mess-Elektrode abgreifbare Mess-Elektroden-Spannung zur Ermittlung eines Maßes für den Füllstand herangezogen, obwohl die Mess-Elektroden-Spannung konstant
10 gehalten wird.

Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors ergeben sich aus der folgenden Beschreibung.

15 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Kurzbeschreibung der Figuren

20 Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensor, der im Bereich einer Elektrodeneinheit in Höhenrichtung geschnitten ist,
Figur 2 zeigt einen Schnitt in Höhenrichtung durch einen erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensor,
Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch eine Elektrodeneinheit eines
25 erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors,
Figur 4 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer signalverarbeitenden Anordnung,
Figur 5 zeigt funktionale Zusammenhänge zwischen einem Ausgangssignal der in Figur 4 gezeigten signalverarbeitenden Anordnung und Füllständen,
Figur 6 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer signalverarbeitenden
30 Anordnung und

- 12 -

Figur 7 zeigt funktionale Zusammenhänge zwischen einem Ausgangssignal der in Figur 6 gezeigten signalverarbeitenden Anordnung und Füllständen.

Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele

5

Figur 1 zeigt einen erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensor 10, der im Bereich einer Elektroden Einheit 12 in Höhenrichtung geschnitten ist. Der kapazitive Füllstandssensor 10 misst den Füllstand H1, H2 eines in einem Behälter 14 befindlichen Mediums 16 in einem Füllstands-Messbereich H. Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist das Medium 16 einen ersten Füllstand H1 auf. Eingetragen ist weiterhin ein möglicher zweiter Füllstand H2.

10

15

20

Die Elektroden Einheit 12 ist mittels einer Klebeschicht 18 an die Außenwand 20 des Behälters 14 geklebt. Aufgrund der teilweise geschnittenen Darstellung sind eine Mess-Elektrode 22, eine Gegen-Elektrode 24, eine erste Abschirm-Elektrode 26 sowie eine zweite Abschirm-Elektrode 28 sichtbar. Die Elektroden Einheit 12 ist mit einer ersten Elektroneinheit 30 verbunden, die im gezeigten Ausführungsbeispiel am unteren Ende des Behälters 14 angeordnet ist. Über eine Leitung 32, die mittels eines Steckverbinders 34 mit der ersten Elektroneinheit 30 kontaktiert wird, wird ein Ausgangssignal 36 bereitgestellt, welches ein Maß für den Füllstand H1, H2 bzw. sämtlicher auftretenden Füllstände im Füllstands-Messbereich H des Mediums 16 im Behälter 14 ist.

25

Der in Figur 2 gezeigte, im Bereich der Mess-Elektrode 22 in Höhenrichtung geschnittene erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor 10, zeigt eine auf der Rückseite der Mess-Elektrode 22 angeordnete dritte Abschirm-Elektrode 40.

30

Diejenigen in Figur 2 gezeigten Teile, die mit den in Figur 1 gezeigten Teilen übereinstimmen, tragen jeweils dieselben Bezugszeichen. Dies gilt auch für die folgenden Figuren.

- 13 -

Die Elektrodeneinheit 12 ist zumindest auf der Rückseite von einer Schutzschicht 42 umgeben. Die Elektroden 22, 24, 26, 28, 40 sind mit einer in der ersten Elektronikeinheit 30 angeordneten Platine 44 beispielsweise mittels Lötens
5 Anordnung 46.

Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch die Elektrodeneinheit 12 des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors 10. Die Behälterwand 20 sowie die Elektrodeneinheit 12 sind geradlinig gezeigt, sodass der erfindungsgemäße
10 kapazitive Füllstandssensor 10 beispielsweise an einem rechteckförmigen Behälter 14 positioniert ist. Bei einem zylindrischen Behälter 14 weist die Außenwand 20 eine Krümmung auf, welcher die Elektrodeneinheit 12 aufgrund ihres nachfolgend detailliert beschriebenen Aufbaus problemlos angepasst werden kann.

15 Die Elektrodeneinheit 12 wird mit der Klebeschicht 18 auf die nicht metallische Außenwand 20 des Behälters 14 geklebt. Die Klebeschicht 18 ist auf der dem Behälter 14 zugewandten Seite einer Trägerschicht 48, vorzugsweise einer Flexleiterplatte aufgebracht, welche die Gegen-Elektrode 24, die erste Abschirm-Elektrode 26, die Mess-Elektrode 22 sowie die zweite Abschirm-Elektrode 28
20 vorzugsweise als Leiterbahnen enthält. .

Auf der Rückseite der Mess-Elektrode 22 sowie der ersten und zweiten Abschirm-Elektrode 26, 28 ist eine Isolierschicht 50 vorgesehen, die vorzugsweise eine geringe Dielektrizitätskonstante aufweist. Die Isolierschicht 50 ist beispielsweise
25 aus einem Schaumstoff-Klebeband hergestellt. Die Isolierschicht 50 trennt die Mess-Elektrode 22 sowie die erste und zweite Abschirm-Elektrode 26, 28 von der dritten Abschirm-Elektrode 40.

Der hintere Bereich der Elektrodeneinheit 12 bezogen auf den Behälter 14 ist mit
30 einer Schutzschicht 42 umgeben, welche die Elektrodeneinheit 12 insbesondere von Umwelteinflüssen schützt.

- 14 -

Die komplette Elektrodeneinheit 12 ist aus flexiblen Materialien hergestellt, sodass die Elektrodeneinheit 12 problemlos an unterschiedliche Außenwand-Krümmungen von zylindrischen oder ovalen Behältern 14 angepasst werden kann.

5

In Figur 3 sind die einzelnen Komponenten der Elektrodeneinheit 12 zur Verdeutlichung des Aufbaus erheblich vergrößert dargestellt. Beispielfhaft können folgende Abmessungen vorgesehen sein: Die Breiten der Mess-Elektrode 22 sowie der ersten und zweiten Abschirm-Elektrode 26, 28 können beispielsweise 3,5 mm betragen, während die Breite der dritten Abschirm-Elektrode 40 beispielsweise
10 zwischen 8 – 13 mm liegen kann. Die Breite der Gegen-Elektrode 24 liegt beispielsweise bei 8 mm. Die Dicke der Isolierschicht 50 beträgt beispielsweise 1 mm. Die Dicken der Klebeschicht 18, der Elektroden 22, 24, 26, 28, 40 sowie der Schutzschicht 42 liegen im Mikrometer-Bereich. Die Dicke des Trägermaterials 48,
15 das beispielsweise als Flex-Platine realisiert ist, liegt beispielsweise im oberen Mikrometerbereich.

15

Ein wesentlicher Vorteil des Aufbaus des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors 10 mit der gezeigten Elektrodeneinheit 12 liegt darin, dass die
20 Elektrodeneinheit 12 vom Anwender auf einfachste Weise an unterschiedliche Füllstands-Messbereiche H entsprechend unterschiedliche Höhen von Behältern 14 angepasst werden kann, indem die Elektrodeneinheit 12 beispielsweise mittels einer Schere auf die erforderliche Länge gekürzt wird. Daher kann der erfindungsgemäße kapazitive Füllstandssensor 10 beispielsweise als Meterware
25 hergestellt und angeboten werden.

20

25

Die Elektroden 22, 26, 28, 40 bilden gewissermaßen eine halbkoaxiale Struktur, bei welcher die Mess-Elektrode 22 vergleichbar ist mit dem Innenleiter einer Koaxial-Leitung, die zur Außenwand 20 des Behälters 14 hin offen ist, jedoch an den
30 Seiten von der ersten und zweiten Abschirm-Elektrode 26, 28 und nach hinten von der dritten Abschirm-Elektrode 40 abgeschirmt ist.

30

- 15 -

Bei dem in den Figuren 1 und 2 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die erste
Elektronikeinheit 30 am unteren Ende der Elektroden Einheit 12 positioniert. In einer
anderen, nicht näher gezeigten Ausführung kann die erste Elektronikeinheit 30 an
5 einer beliebigen Höhenposition der Elektroden Einheit 12 montiert und mit der
Elektroden Einheit 12 kontaktiert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung ist anstelle der ersten, unmittelbar mit der
Elektroden Einheit 12 verbundenen Elektronikeinheit 30 eine nicht näher gezeigte
10 zweite Elektronikeinheit vorgesehen, die räumlich getrennt von der
Elektroden Einheit 12 angeordnet ist. In diesem Fall wird die Elektroden Einheit 12
mit einem mindestens 5-adrigen, vorzugsweise steckbaren Kabel mit der zweiten
Elektronikeinheit verbunden.

15 Die Platine 44, die innerhalb eines Gehäuses der ersten Elektronikeinheit 30
liegenden Enden der Elektroden 22, 24, 26, 28, 40, die signalverarbeitende
Anordnung 46 sowie die weiteren Komponenten der ersten Elektronikeinheit 30
können mit einem Füllmaterial, beispielsweise Gießharz umgeben werden, sodass
die erste Elektronikeinheit 30 insbesondere vor Umwelteinflüssen geschützt ist.

20 Aufgrund des Aufbaus der Elektroden Einheit 12 wird zwischen der Mess-Elektrode
22 und der Gegen-Elektrode 24 ein Mess-Kondensator 52 gebildet, der eine
füllstandsabhängige Mess-Kapazität aufweist. Die Mess-Kapazität weist einen
kleinen Grundbetrag auf, der linear abhängig von dem Füllstands-Messbereich H
ist. Insbesondere weist die Mess-Kapazität jedoch einen füllstandsabhängigen
25 Wert auf, der proportional zum Füllstand H1, H2 des Mediums 16 im Behälter 14
ist.

30 Zwischen der ersten Abschirm-Elektrode 26 und der Mess-Elektrode 22 wird ein
erster Abschirm-Kondensator 54, zwischen der Mess-Elektrode 22 und der zweiten
Abschirm-Elektrode 28 ein zweiter Abschirm-Kondensator 56 und zwischen der

Mess-Elektrode 22 und der dritten Abschirm-Elektrode 40 ein dritter Abschirm-Kondensator 58 herausgebildet. Die Kapazitäten der Abschirm-Kondensatoren 54, 56, 58 sind ausschließlich abhängig und proportional zum Füllstands-Messbereich H, entsprechend der Länge der Elektrodeneinheit 12. Die Abschirm-Kapazitäten
5 steigen demnach linear mit der Länge der Elektrodeneinheit 12 an.

In Figur 4 ist ein Ausführungsbeispiel der signalverarbeitenden Anordnung 46 gezeigt, welche zum Betreiben der Elektrodeneinheit 12 vorgesehen ist.

10 Die signalverarbeitende Anordnung 46 enthält eine erste Wechselspannungsquelle 60, die zwischen einer Schaltungsmasse 62 und die elektrisch miteinander verbundenen Abschirm-Elektroden 26, 28, 40, entsprechend den Abschirm-Kondensatoren 54, 56, 58 geschaltet ist. Die erste Wechselspannungsquelle 60 stellt eine erste, vorzugsweise sinusförmige Wechselspannung 64 bereit, deren
15 Frequenz beispielsweise im Bereich von 0,1 – 30 MHz liegt. Vorzugsweise wird die Frequenz der ersten Wechselspannung auf 1 MHz festgelegt. Die Frequenz ist derart festzulegen, dass einerseits nur eine geringe unerwünschte Abstrahlung des Signals stattfindet und dass andererseits jedoch mit Blick auf die vergleichsweise geringen auftretenden Kapazitäten, die im Picofarad-Bereich liegen, ein
20 ausreichend hoher Signalpegel an der Mess-Elektrode 22 auftritt.

Weiterhin ist eine zweite Wechselspannungsquelle 66 vorgesehen, die im gezeigten Ausführungsbeispiel als Invertierer realisiert ist. Die zweite Wechselspannungsquelle 66 ist mit der Gegen-Elektrode 24 verbunden. Die zweite
25 Wechselspannungsquelle 66 stellt eine zweite Wechselspannung 68 bereit, welche die gleiche Frequenz wie die erste Wechselspannung 64 aufweist, welche jedoch um 180° phasenverschoben, also gegenphasig zur ersten Wechselspannung 64 liegt.

30 Gegebenenfalls besteht eine Abgleichsmöglichkeit für die Amplitude der ersten oder der zweiten Wechselspannung 64, 68, um zumindest eine Wechselspannung

- 17 -

64, 68 an unterschiedliche Geometrien der Elektroden 22, 24, 26, 28, 40 anpassen zu können. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass die als Invertierer realisierte zweite Wechselspannungsquelle 66 den Verstärkungsfaktor 1 aufweist, sodass die Amplitude der ersten Wechselspannung 64 wenigstens näherungsweise gleich der Amplitude der zweiten Wechselspannung 68 ist.

Die Mess-Elektrode 22 ist vorzugsweise an einem Impedanzwandler 70 angeschlossen, der die Mess-Elektrode 22 nur gering belastet, eine an der Mess-Elektrode 22 auftretende Mess-Elektroden-Spannung 72 jedoch niederohmig an einen nachgeschalteten Gleichrichter 74 weitergibt. Der Gleichrichter 74 stellt eine Gleichspannung UDC bereit, welche der gleichgerichteten Mess-Elektroden-Spannung 72 entspricht.

Der Mess-Kondensator 52 einerseits und die parallel liegenden Abschirm-Kondensatoren 54, 56, 58 andererseits bilden einen kapazitiven Spannungsteiler. An der Mess-Elektrode 22 tritt eine geteilte, füllstandsabhängige Mess-Elektroden-Spannung 72 auf. Den Bezug bildet die Summe der Abschirm-Kapazitäten der Abschirm-Kondensatoren 54, 56, 58.

Mit steigendem Füllstand des Mediums 16 steigt die Kapazität des Mess-Kondensators 52 gegenüber der gleich bleibenden Abschirm-Kapazität der Abschirm-Kondensatoren 54, 56, 58 an. Die Mess-Elektroden-Spannung 72 sinkt bei wachsendem Füllstand H1, H2 des Mediums 16 ab, weil sich die Spannungen umgekehrt zu den Kapazitäten der Kondensatoren 52, 54, 56, 58 verhalten.

In Figur 4 sind die erste Wechselspannung 64 sowie die zweite Wechselspannung 68 jeweils mit konstanter Amplitude und die Mess-Elektroden-Spannung 72 mit zwei unterschiedlichen Amplituden eingetragen, wobei bei einem kleineren Füllstand H1 die höhere Amplitude (durchgezogene Linie) und bei einem höheren Füllstand H2 die niedrigere Amplitude (strichliniert) auftritt.

Die Mess-Elektroden-Spannung 72 könnte bereits unmittelbar als ein Maß für den Füllstand H1, H2 herangezogen werden, wobei die höchste Mess-Elektroden-Spannung 72 beim niedrigsten messbaren Füllstand H1, H2 und die niedrigste Mess-Elektroden-Spannung 72 beim höchsten messbaren Füllstand H1, H2 auftritt. Vorzugsweise wird jedoch bei diesem Ausführungsbeispiel die Gleichspannung UDC anstelle unmittelbar der Mess-Elektroden-Spannung 72 als Maß für den Füllstand H1, H2 herangezogen und als Ausgangssignals 36 bereitgestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel der signalverarbeitenden Anordnung 46 wird die variable Mess-Elektroden-Spannung 72 als ein Maß zur Ermittlung des Füllstands H1, H2, eines Mediums 16 in einem Behälter 14 herangezogen.

Figur 5 zeigt funktionale Zusammenhänge zwischen der Gleichspannung UDC für zwei unterschiedlichen Füllhöhen-Messbereiche H, H', die für zwei unterschiedlich hohe Behälter 14 vorgesehen sind. Die Gleichspannung UDC entspricht der Ausgangsspannung 36 des kapazitiven Füllstandssensors 10.

Mittels weiterer nicht gezeigter Funktionsblöcke kann die Gleichspannung UDC in einen vorgegebenen Bereich des Ausgangssignals 36 umgesetzt werden. Beispielsweise kann das Ausgangssignal 36 auf den Bereich von 0 – 10 V oder den Bereich von 4 – 20 mA umgesetzt und ausgegeben werden.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist die kleinste Gleichspannung UDC, die dem höheren Füllstand H2 entspricht, nicht auf den Wert null festgelegt. In Abhängigkeit von der gewünschten Ausgestaltung kann der kleinste Wert der Gleichspannung UDC selbstverständlich auf den Wert null festgelegt werden.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors 10 liegt darin, dass die Elektrodeneinheit 12 vom Anwender selbst auf den erforderlichen Füllstands-Messbereich H, H' durch einfaches Kürzen der länger gelieferten Elektrodeneinheit 12 angepasst werden kann.

Die in Figur 5 gezeigten funktionalen Zusammenhänge lassen unmittelbar einen weiteren Vorteil des erfindungsgemäßen kapazitiven Füllstandssensors 10 erkennen, der darin liegt, dass ohne weiteres Zutun des Anwenders jeder passend zugeschnittene kapazitive Füllstandssensor 10 denselben Spannungsbereich der Gleichspannung UDC beziehungsweise denselben Spannungsbereich des Ausgangssignals 36 in Abhängigkeit vom jeweiligen Füllstands-Messbereich H, H' bereitstellt. Die Skalierung für unterschiedliche Füllstands-Messbereiche H, H' ist unabhängig von der Länge der Elektrodeneinheit 12. Der kleinere Füllstands-Messbereich H mit den exemplarisch gezeigten Füllständen H1, H2 nutzt den gesamten zur Verfügung stehenden Spannungsbereich der Gleichspannung UDC beziehungsweise des Ausgangssignals 36 aus genauso wie der größere Füllstands-Messbereich H' mit den exemplarisch gezeigten Füllständen H1', H2'. Bei wenigstens näherungsweise gleichen Medien 16 sind hierzu keine Eingriffe in die signalverarbeitende Anordnung 46 erforderlich.

In Figur 6 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel der signalverarbeitenden Anordnung 46, welche ein Ausgangssignal 36 bereitstellt, das proportional zum Füllstand H1, H2 des Mediums 16 ist, das heißt, dass das Ausgangssignal 36 bei steigendem Füllstand H1, H2 ebenfalls ansteigt.

Die erste Wechselspannungsquelle 60 ist bei diesem Ausführungsbeispiel als steuerbare erste Wechselspannungsquelle 60 ausgestaltet, wobei die Amplitude der ersten Wechselspannung 64 mittels einer Regelspannung UR veränderbar ist. Die Amplitude der ersten Wechselspannung 64 wird demnach durch die Regelspannung UR vorgegeben. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Gleichspannung UDC einem Vergleicher 84 zur Verfügung gestellt, der die Gleichspannung UDC mit einer von einer Referenzspannungsquelle 86 bereitgestellten Referenzspannung URef vergleicht und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis die Regelspannung UR bereitstellt.

- 20 -

Die Referenzspannung U_{Ref} liegt beispielsweise bei 1V. Der Vergleich 84 ist beispielsweise als hochverstärkender Differenzverstärker realisiert, sodass das Ausgangssignal proportional zur Differenz zwischen der Gleichspannung UDC und der Referenzspannung U_{Ref} ist. Gegebenenfalls kann als Vergleich 84 auch ein Komparator eingesetzt werden. In diesem Fall muss dafür gesorgt werden, dass der entstehende Regelkreis ausreichend gedämpft ist, um Regelschwingungen zu vermeiden.

Der entstehende Regelkreis sorgt dafür, dass die erste Wechselspannung 64 und somit die zweite Wechselspannung 68 auf eine Amplitude eingeregelt werden, bei welcher die Mess-Elektroden-Spannung 72 und entsprechend die daraus resultierende Gleichspannung UDC konstant gehalten werden, und zwar auf dem Wert der Referenzspannung U_{Ref} . In Figur 6 sind daher die erste Wechselspannung 64 sowie die zweite Wechselspannung 68 mit einer hohen Amplitude (durchgezogene Linie), entsprechend einem höheren Füllstand H2 und mit einer niedrigeren Amplitude (strichliniert), entsprechend einem niedrigeren Füllstand H1 dargestellt, während die Mess-Elektroden-Spannung 72 als konstant dargestellt ist.

Bei diesem Ausführungsbeispiel der signalverarbeitenden Anordnung 46 kann die Regelspannung U_R als Ausgangssignal 36 herangezogen werden, die proportional zum Füllstand H1, H2; H1', H2' des Mediums 16 im Behälter 14 ist. Auch bei diesem Ausführungsbeispiel der signalverarbeitenden Anordnung 46 wird letztendlich die Mess-Elektroden-Spannung 72, die bei diesem Ausführungsbeispiel konstant gehalten wird, als ein Maß zur Ermittlung des Füllstands H1, H2; H1', H2' eines Mediums 16 in einem Behälter 14 herangezogen.

In Figur 7 sind zwei funktionale Zusammenhänge zwischen der Regelspannung U_R und den Füllständen H1, H2; H1', H2' für zwei unterschiedliche Füllstands-Messbereiche H, H' gezeigt. Die Regelspannung U_R entspricht der Ausgangsspannung 36 des kapazitiven Füllstandssensors 10.

- 21 -

Selbstverständlich skaliert auch bei diesem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen signalverarbeitenden Anordnung 46 das Ausgangssignal 36 ohne Eingriff in die signalverarbeitende Anordnung 46 durch den Anwender auf
5 den gesamten vorgegebenen Bereich von beispielsweise 0 – 10 V oder beispielsweise 4 – 20 mA unabhängig von der zugeschnittenen Länge der Elektrodeneinheit 12 und somit unabhängig vom festgelegten Füllstands-Messbereich H, H'.

10 Aus Figur 7 ist ersichtlich, dass einem niedrigen Pegel der Regelspannung UR beziehungsweise des Ausgangssignals 36 ein niedriger Füllstand H1, H1' und einem höheren Pegel der Regelspannung UR des Ausgangssignals 36 ein höherer Füllstand H2, H2' entsprechen. Exemplarisch sind wieder zwei verschiedene Füllstände H1, H2; H1' H2' eingetragen, die bei zwei unterschiedlichen Füllstands-
15 Bereichen H, H' auftreten können.

5 **Ansprüche**

1. Kapazitiver Füllstandssensor (10) zur Messung des Füllstands (H1, H2; H1', H2') eines Mediums (16) in einem Behälter (14), mit einer Elektrodeneinheit (12), die eine streifenförmige Mess-Elektrode (22), eine streifenförmige
10 Gegen-Elektrode (24) und eine streifenförmige Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) umfasst, wobei die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) die Mess-Elektrode (22) zumindest teilweise umgibt, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Wechselspannungsquelle (60) mit vorgegebener Frequenz und Amplitude vorgesehen ist, an welcher die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40)
15 angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) und der Mess-Elektrode (22) ausgebildeter Abschirm-Kondensator (54, 56, 58) eine Abschirm-Kapazität aufweist, die proportional zur Länge der Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) ist, dass eine zweite Wechselspannungsquelle (66) gleicher Frequenz und mit vorgegebener
20 zweiter Amplitude vorgesehen ist, wobei die zweite Amplitude gegenphasig zur ersten Amplitude ist, an welcher die Gegen-Elektrode (24) angeschlossen ist, sodass ein zwischen der Gegen-Elektrode (24) und der Mess-Elektrode (22) ausgebildeter Mess-Kondensator (52) eine Mess-Kapazität aufweist, die proportional zum Füllstand (H1, H2; H1', H2') ist, und dass die an der Mess-Elektrode (22) liegende Mess-Elektroden-Spannung (72) zur Ermittlung des
25 Füllstands (H1, H2; H1', H2') herangezogen wird.
2. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) eine dritte streifenförmige Abschirm-Elektrode (40) umfasst, die auf der hinteren, vom Behälter (14) abgewandten
30 Seite der Mess-Elektrode (22) angeordnet ist und die Mess-Elektrode (22)

- 23 -

überdeckt.

3. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,
dass die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) zusätzlich als eine erste
5 streifenförmige Abschirm-Elektrode (26) und als eine zweite streifenförmige
Abschirm-Elektrode (28) ausgebildet ist, dass die erste Abschirm-Elektrode
(26) auf der einen Seite neben der Mess-Elektrode (22) und die zweite
Abschirm-Elektrode (28) auf der anderen Seite neben der Mess-Elektrode
(22) angeordnet sind und dass die erste, zweite und dritte Abschirm-
10 Elektrode (26, 28, 40) elektrisch miteinander verbunden sind.
4. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass die Gegen-Elektrode (24), die Mess-Elektrode (22) sowie die erste und
zweite Abschirm-Elektrode (26, 28) auf einer Trägerschicht (48) angeordnet
15 sind.
5. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
dass zumindest im Bereich zwischen der dritten Abschirm-Elektrode (40)
einerseits und der ersten Abschirm-Elektrode (26), der Mess-Elektrode (22)
20 und der zweiten Abschirm-Elektrode (28) andererseits eine Isolierschicht (50)
vorgesehen ist.
6. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass die Isolierschicht (50) als Schaumstoff-Klebeband realisiert ist.
25
7. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass die Rückseite der dritten Abschirm-Elektrode (40) und der Gegen-
Elektrode (24) mit einer Schutzschicht (42) überzogen ist.
8. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
30 dass die Elektrodeneinheit (12) auf der dem Behälter (14) zugewandten Seite

- 24 -

eine Klebeschicht (18) zum Fixieren der Elektroden Einheit (12) auf der Außenwand (20) des Behälters (14) aufweist.

- 5 9. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mess-Elektrode (22), die Gegen-Elektrode (24) sowie die Abschirm-Elektrode (26, 28, 40) auf einer Platine (44) einer ersten Elektronikeinheit (30) angeschlossen sind, welche unmittelbar am Behälter (14) angeordnet ist.
- 10 10. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Steckverbinder (34) zum Anschluss der Elektronikeinheit (30) vorgesehen ist.
- 15 11. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Wechselspannungsquelle (66) als Invertierer realisiert ist, dessen Eingang an der ersten Wechselspannungsquelle (60) angeschlossen ist.
- 20 12. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Invertierer einen Verstärkungsfaktor von eins aufweist.
13. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz der Wechselspannungsquellen (60, 66) auf einen Wert zwischen 0,1 MHz und 30 MHz festgelegt ist.
- 25 14. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz auf 1 MHz festgelegt ist.
- 30 15. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gleichrichter (74) zum Gleichrichten der an der Mess-Elektrode (22) auftretenden Mess-Elektroden-Spannung (72) vorgesehen ist, und dass die am Ausgang des Gleichrichters (74) auftretende Gleichspannung (UDC) als

- 25 -

Ausgangssignal (36) herangezogen ist, welches ein Maß für den Füllstand (H1, H2; H1', H2') ist.

- 5 16. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Mess-Elektrode (22) und dem Gleichrichter (74) ein Impedanzwandler (70) vorgesehen ist.
- 10 17. Kapazitiver Füllstandssensor nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Wechselspannungsquelle (60) als gesteuerte Wechselspannungsquelle (60) realisiert ist, wobei die Amplitude der ersten Wechselspannung (64) in Abhängigkeit von einer Regelspannung (UR) änderbar ist, dass ein Vergleicher (84) vorgesehen ist, der die Gleichspannung (UDC) mit einer Referenzspannung (URef) vergleicht und in Abhängigkeit vom Vergleichsergebnis die die Regelspannung (UR) festlegt, wodurch ein Regelkreis entsteht, der die Mess-Elektroden-Spannung (72) konstant hält, und dass die Regelspannung (UR) als Ausgangssignal (36) herangezogen ist, welches ein Maß für den Füllstand (H1, H2; H1', H2') ist.
- 15

1/7

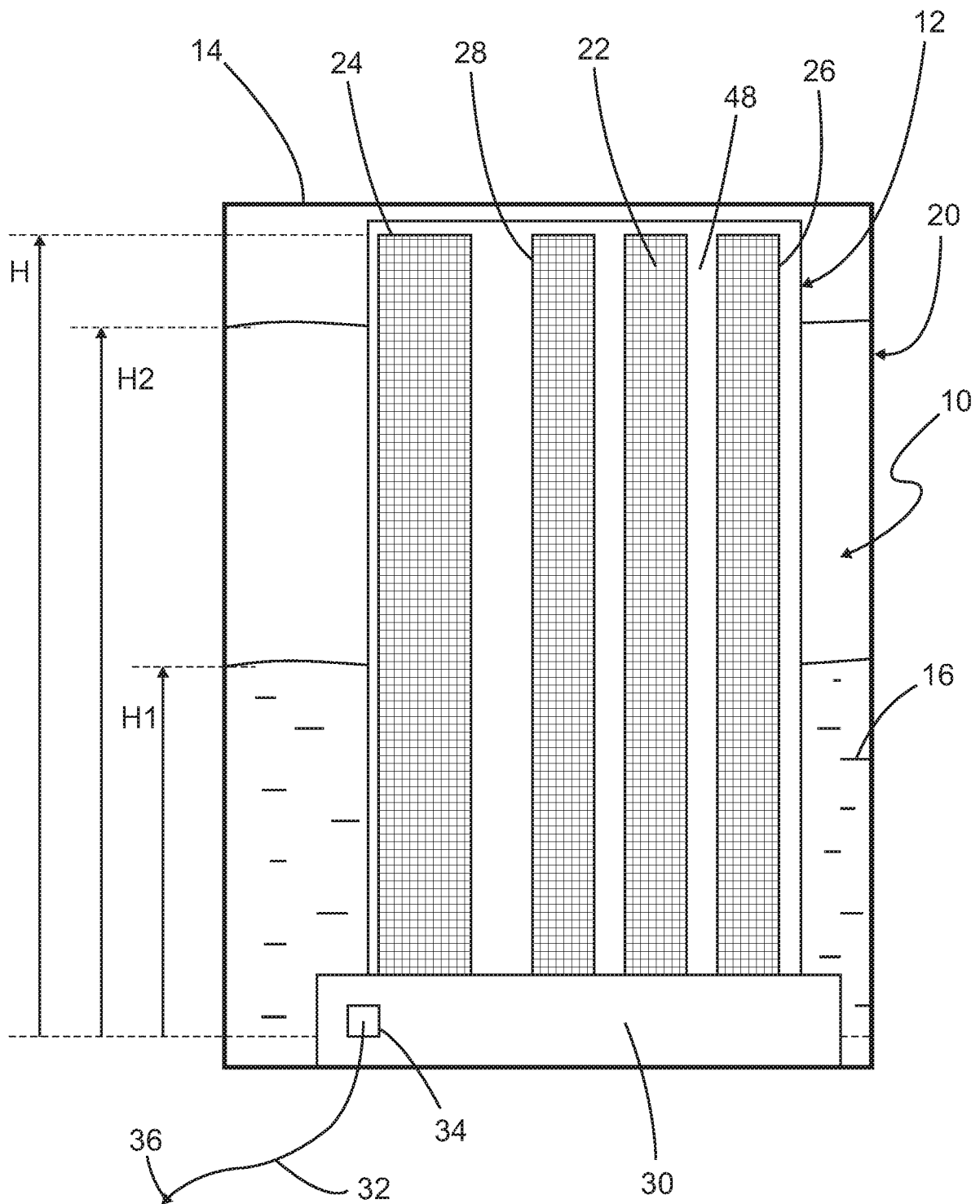


Fig. 1

2/7

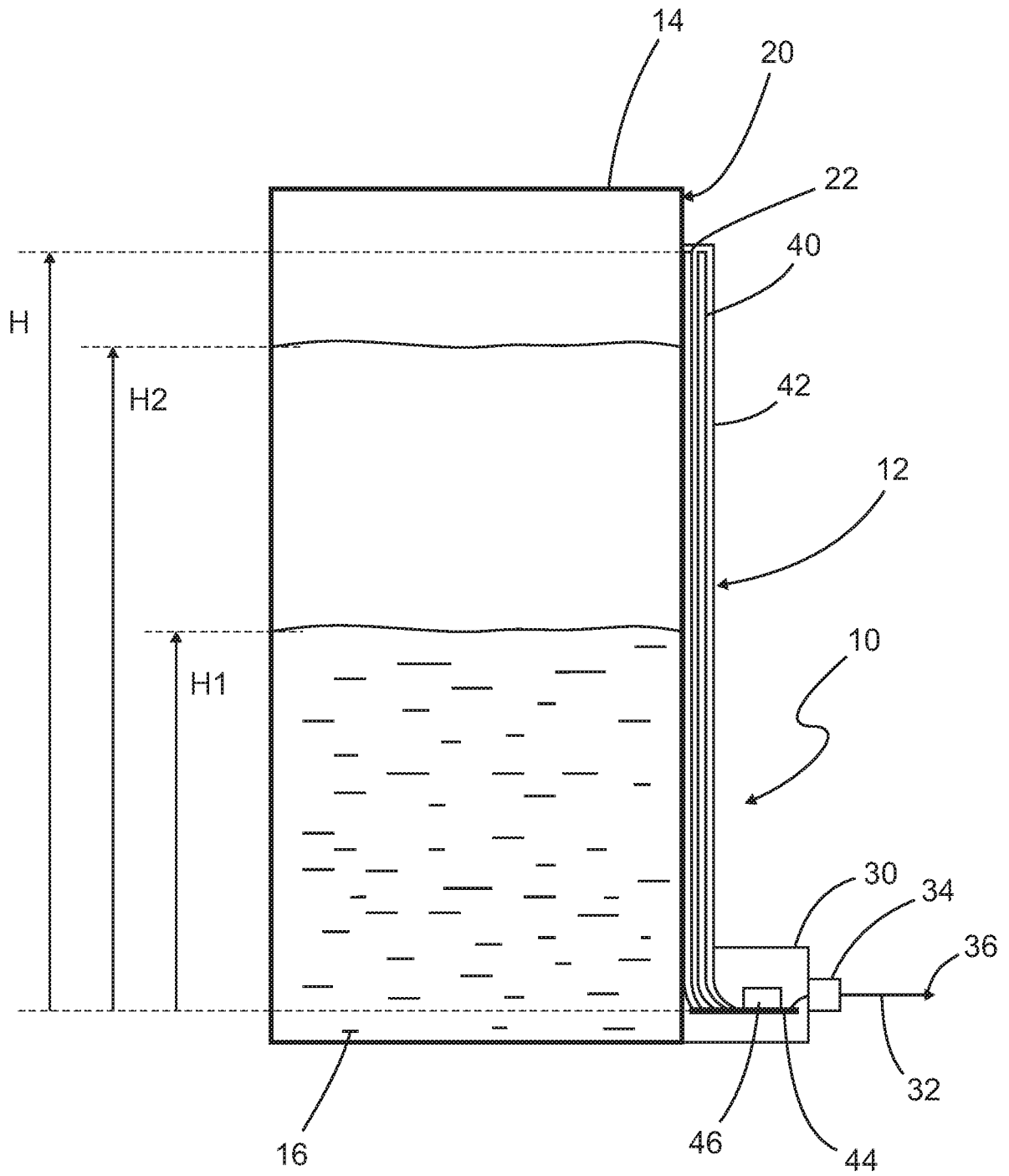


Fig. 2

3/7

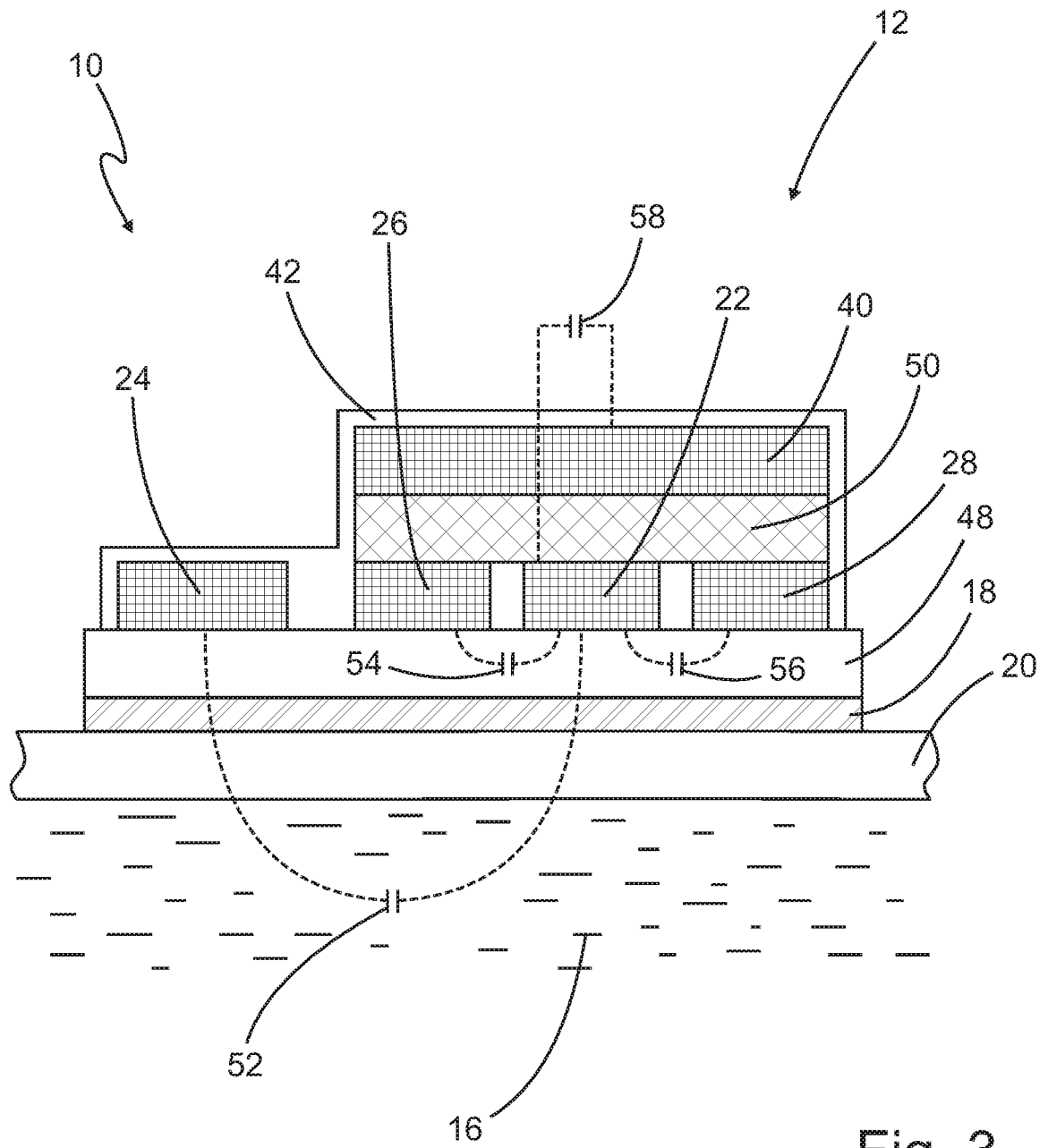


Fig. 3

4/7

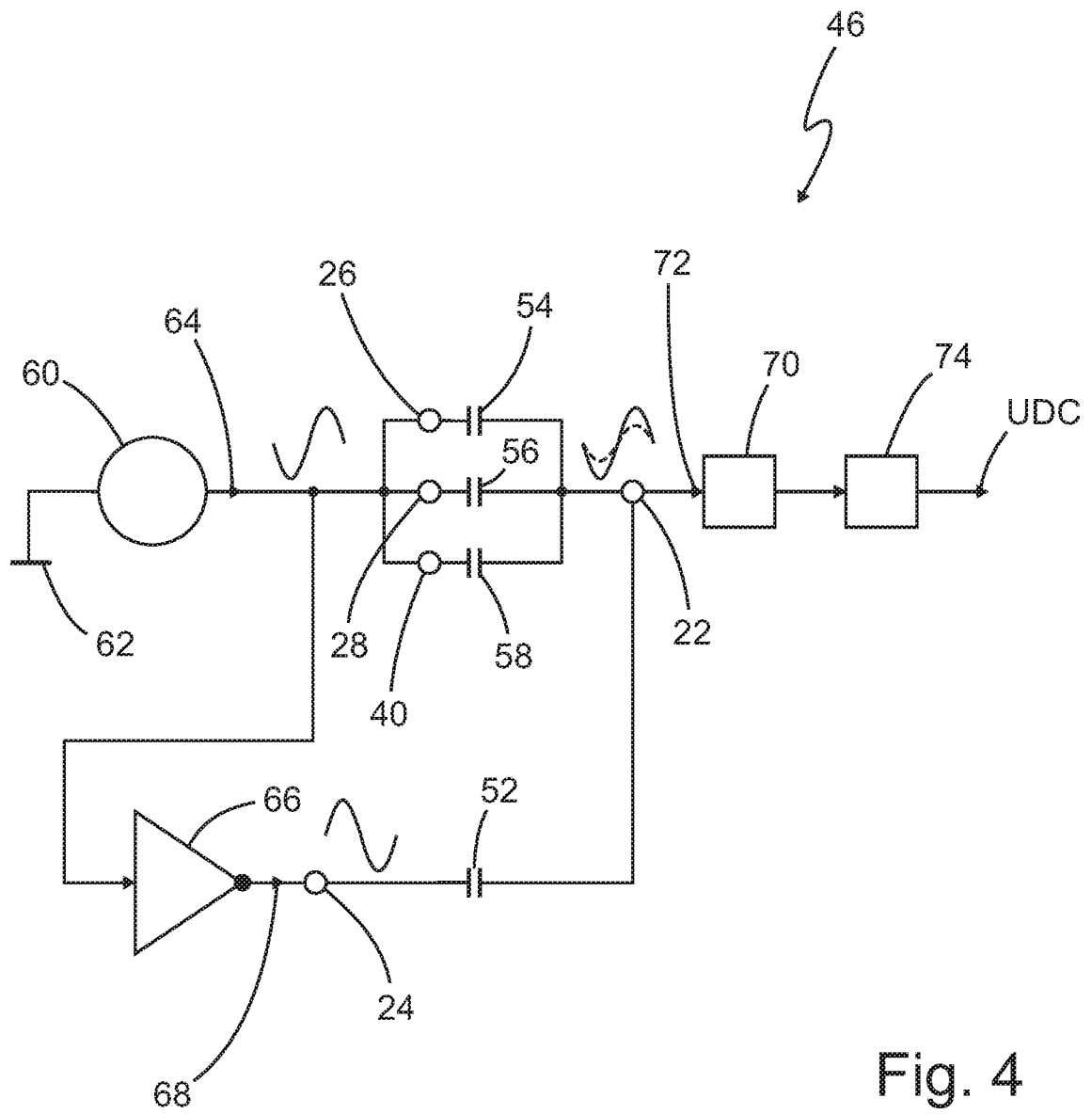


Fig. 4

5/7

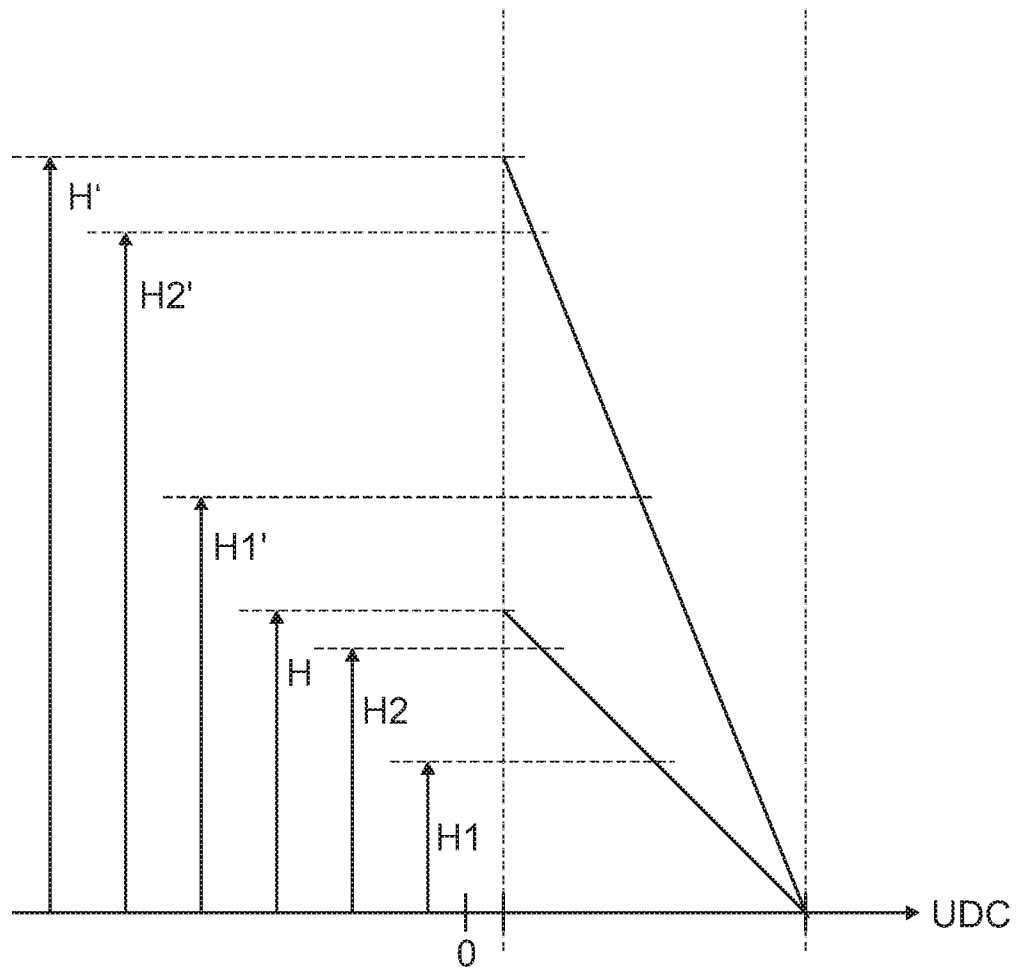


Fig. 5

6/7

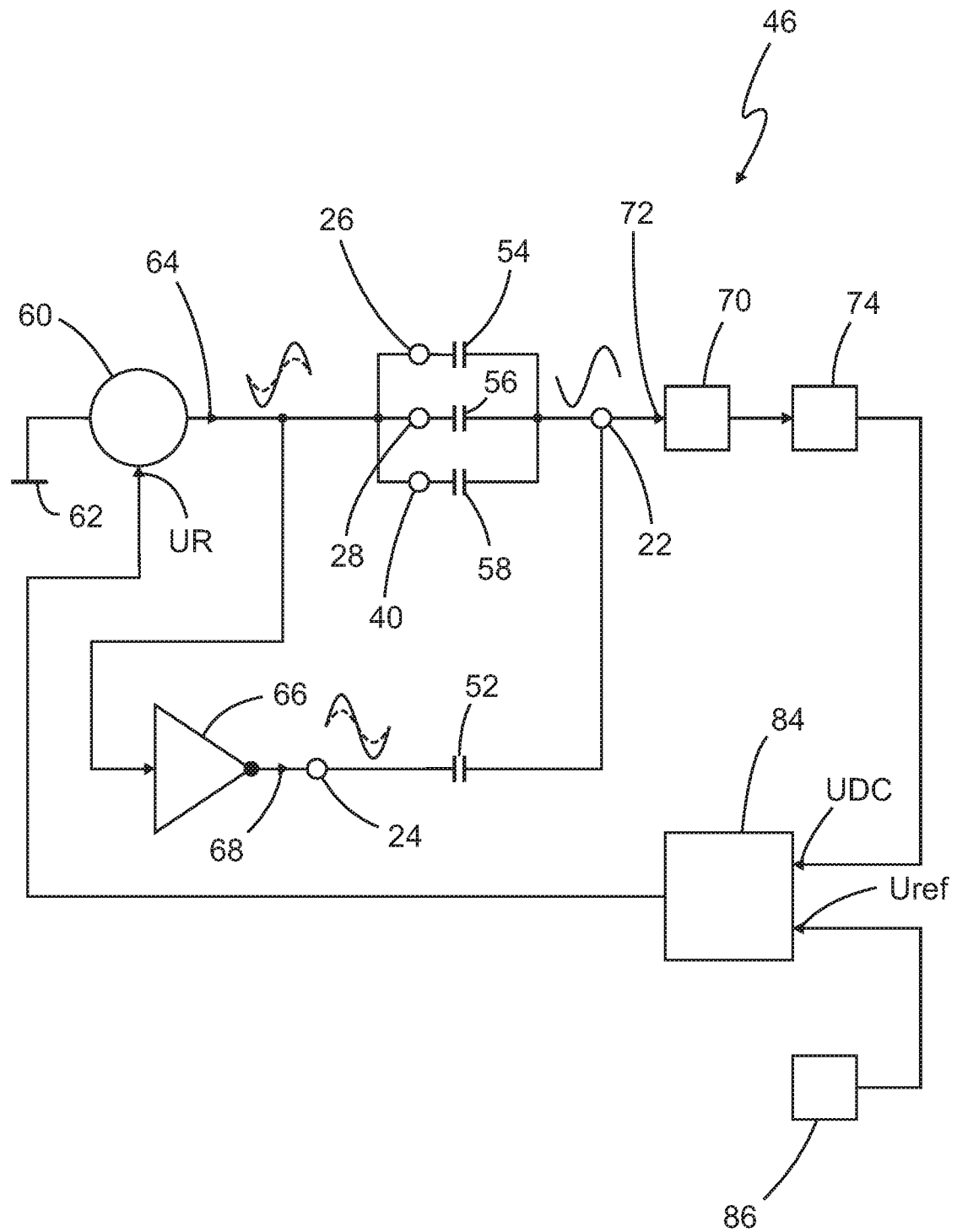


Fig. 6

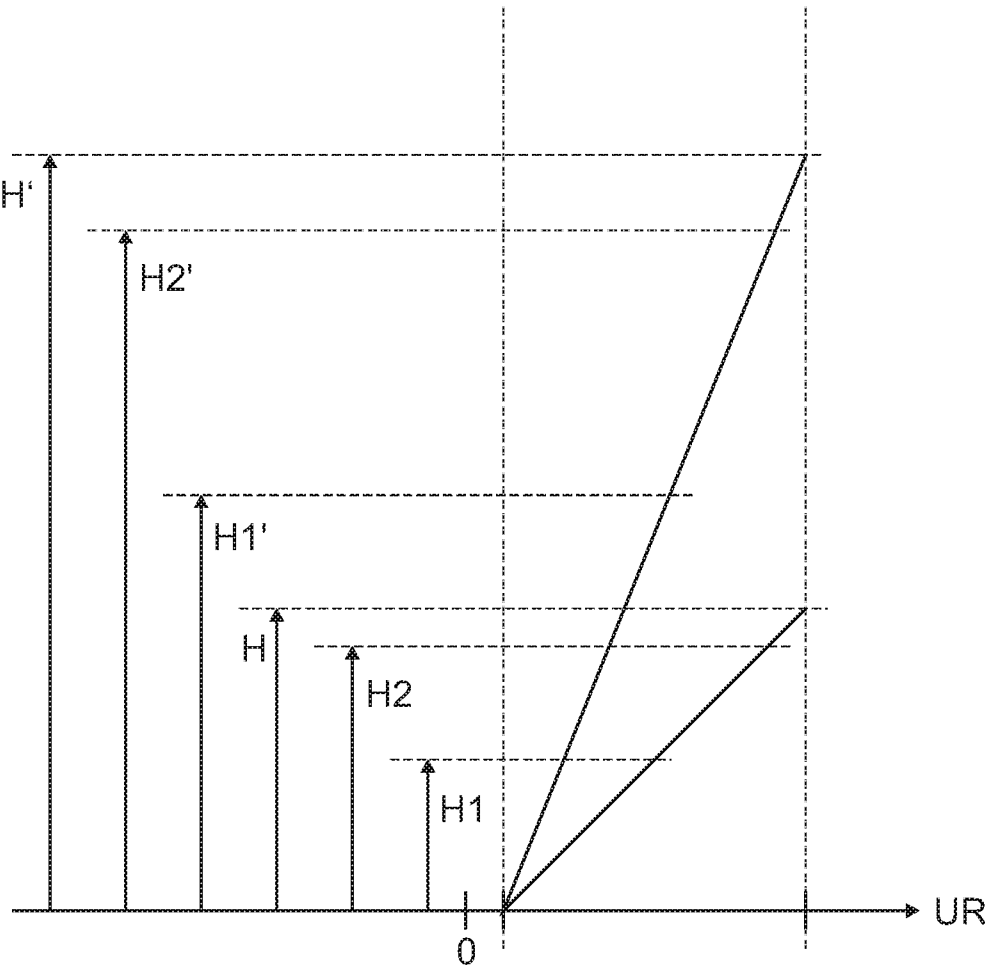


Fig. 7