

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 711 009 A2

(51) Int. Cl.: G01D 5/20 (2006.01)
G01B 7/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00168/16

(22) Anmeldedatum: 08.02.2016

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2016

(30) Priorität: 22.04.2015
DE 102015207275.4

(71) Anmelder:
ROBERT BOSCH GMBH, Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
Günter Reusing, 97464 Niederwerrn (DE)
Johannes Mühlfeld, 97072 Würzburg (DE)

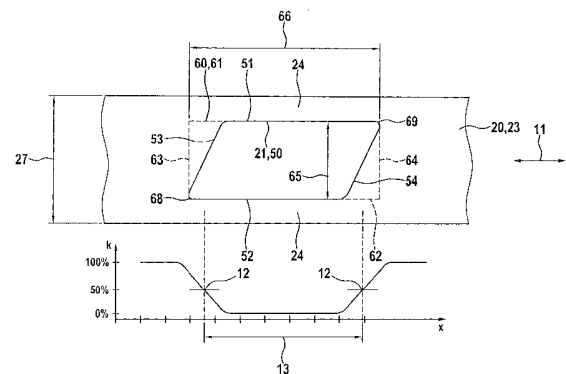
(74) Vertreter:
Scintilla AG, Direktion, Postfach 632
4501 Solothurn (CH)

(54) Massverkörperung mit signalkompensierenden Markierungen.

(57) Die Erfindung betrifft eine Massverkörperung (20) für ein induktives Positionsmesssystem, welche von einem Materialband (23) gebildet wird, das aus einem ferromagnetischen Material besteht, wobei das Materialband (23) entlang einer Messrichtung (11) langgestreckt ausgebildet ist. Entlang der Messrichtung (11) sind eine Vielzahl von Markierungen (21) an dem Materialband in einer Reihe angeordnet sind, wobei die Markierungen (21) jeweils von Durchbrüchen oder von Ausnehmungen mit konstanter Tiefe gebildet werden, wobei die Markierungen (21) jeweils einen Markierungsumriss (50) aufweisen, und wobei die Markierungen (21) eine binäre Zufallszahlenfolge kodieren.

Jeder Markierungsumriss (50) ist vollständig innerhalb eines zugeordneten, gedachten Rechtecks (60) mit einer ersten, einer zweiten, einer dritten und einer vierten Rechteckseite (61; 62; 63; 64) angeordnet, wobei der Abstand der dritten Rechteckseiten (63) zweier unmittelbar benachbarter gedachten Rechtecke (60) jeweils ein ganzzahliges Vielfaches eines ersten Teilungsabstands ist.

Erfindungsgemäss ist der lichte Abstand zweier unmittelbar benachbarter gedachter Rechtecke (60) verschieden von einem ganzzahligen Vielfachen des ersten Teilungsabstands.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Massverkörperung gemäss dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Aus der EP 2 502 030 B1 ist eine Massverkörperung bekannt, welche zur Verwendung in einem Positionsmesssystem vorgesehen ist. Das Positionsmesssystem ist ein absolutes Positionsmesssystem, wobei die Markierungen der Massverkörperung eine binäre Zufallszahlenfolge kodieren. Die Massverkörperung wird von einer Abtastvorrichtung induktiv abgelesen. Dafür kommen zwei Typen von Massverkörperungen in Betracht, nämlich solche, die aus einem Material mit hoher elektrischer Leitfähigkeit, beispielsweise Kupfer, bestehen (Wirbelstromprinzip) und solche, die aus einem ferromagnetischen Material bestehen. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem zuletzt genannten Typ.

[0003] Bei der induktiven Abtastung kommen typischerweise differentiell zusammengeschaltete Spulenpaare zum Einsatz, um den Signaloffset zu minimieren. Bei der EP 2 502 030 B1 sind diese quer zur Messrichtung nebeneinander angeordnet, wobei zwei komplementäre Reihen von Markierungen verwendet werden. Die Einzelspulen eines Spulenpaares sind dabei fest miteinander verdrahtet. Die Anmelderin hat in der noch nicht offengelegten deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2014 216 036.7 ein Positionsmesssystem vorgeschlagen, das ausschliesslich Einzelspulen umfasst, die in Messrichtung in einer Reihe angeordnet sind. Diese werden während des Betriebs dynamisch in unterschiedlicher Weise zusammengeschaltet, so dass die Einzelspulen eines differentiellen Spulenpaares in Messrichtung nebeneinander angeordnet sind. Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit einem Problem, das in erster Linie bei dem zuletzt genannten Typ auftritt.

[0004] Wenn die Empfängerspulen über eine Seitengrenze einer Markierung bewegt werden, ändert sich die Amplitude der in die Empfängerspulen induzierten Wechselspannung nicht sprunghaft, es findet vielmehr eine stetige Zu- bzw. Abnahme der Signalamplitude statt.

[0005] Bei den bekannten Positionsmesssystemen werden die Markierungen von Durchbrüchen oder Ausnehmungen in einem Materialband gebildet. Der entsprechende Markierungsumriss ist rechteckig ausgebildet. Die Breite und der lichte Abstand der Rechtecke sind jeweils ein ganzzahliges Vielfaches eines ersten Teilungsabstands. Versuche der Anmelderin haben ergeben, dass die induzierte Wechselspannung einer einzelnen Empfängerspule, welche genau mittig über einem quer zur Messrichtung ausgerichteten Randabschnitt eines Markierungsumrisses steht, eine Amplitude aufweist, die grösser als 50% der maximalen Amplitude der induzierten Wechselspannung ist. Hierdurch wird die Signalauswertung erheblich erschwert.

[0006] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Auswertung der in die Empfängerspulen induzierten Wechselspannungen zur Positionsbestimmung besonders einfach ist. Insbesondere beträgt die Amplitude der in die Empfängerspulen induzierten Wechselspannungen an einer definierten Stelle in Bezug auf das dem ersten Teilungsabstand entsprechende Teilungsraster im Wesentlichen 50% der maximalen Signalamplitude.

[0007] Gemäss dem selbständigen Anspruch wird vorgeschlagen, dass der lichte Abstand zweier unmittelbar benachbarter, gedachter Rechtecke verschieden von einem ganzzahligen Vielfachen des ersten Teilungsabstands ist. Hierdurch findet eine Verschiebung des Signalübergangs in Bezug auf das angesprochene Teilungsraster statt. Der genannte lichte Abstand wird vorzugsweise so gewählt, dass die Amplitude der in die Empfängerspulen induzierten Wechselspannungen an einer definierten Stelle in Bezug auf das dem ersten Teilungsabstand entsprechenden Teilungsraster im Wesentlichen 50% der maximalen Signalamplitude ist. Der genannte lichte Abstand ist der Abstand der dritten und der vierten Rechteckseite der unmittelbar benachbarten, gedachten Rechtecke.

[0008] Das Materialband hat vorzugsweise eine konstante Dicke, welche vorzugsweise kleiner als der erste Teilungsabstand ist. Die Dicke beträgt beispielsweise 0,3 mm, wobei der erste Teilungsabstand beispielsweise 1 mm beträgt. Die Breite des Materialbands ist vorzugsweise grösser als der erste Teilungsabstand, wobei sie beispielsweise 5 mm beträgt. Das Materialband besteht vorzugsweise aus nichtrostendem Stahl. Die Markierungen können mit einem nicht ferromagnetischen Material gefüllt sein, wobei sie vorzugsweise leer bzw. mit Luft gefüllt sind. Die Senderwindungsanordnung und/oder die Empfängerspulen sind vorzugsweise als planare Windungsanordnungen ausgebildet. Die Massverkörperung ist vorzugsweise Bestandteil einer Führungsschiene eines Linearwälzlagers, die beispielsweise gemäss der EP 1 052 480 B1 ausgebildet ist. Wenn der ersten bzw. der zweiten Rechteckseite mehrere gerade Abschnitte des Markierungsumrisses zugeordnet sind, die parallel zur Messrichtung verlaufen, wobei sie quer dazu versetzt angeordnet sind, so fallen die genannten Rechteckseiten vorzugsweise mit denjenigen geraden Abschnitten zusammen, die in Summe die grösste Länge aufweisen.

[0009] In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung angegeben.

[0010] Es kann vorgesehen sein, dass die Markierungsumrisse jeweils vollständig mit dem zugeordneten gedachten Rechteck zusammenfallen. Hierbei handelt es sich um diejenige Ausführungsform, welche den geringsten Unterschied gegenüber der bekannten Massverkörperung aufweist, wobei dennoch der oben genannte Vorteil gegeben ist. Diese Massverkörperung ist ebenso einfach herstellbar wie die bekannte Massverkörperung. Dabei kommt vorzugsweise ein photochemisches Ätzverfahren zum Einsatz.

[0011] Es kann vorgesehen sein, dass der dritten Rechteckseite ein einziger gerader dritter Randabschnitt des betreffenden Markierungsumrisses zugeordnet ist, wobei der vierten Rechteckseite ein einziger gerader vierter Randabschnitt

des betreffenden Markierungsumrisses zugeordnet ist, wobei der dritte und der vierte Randabschnitt parallel zueinander angeordnet sind, wobei sie mit der Messrichtung einen von 90° verschiedenen Winkel einschliessen. Im einfachsten Fall ist der Markierungsumriss in Form eines Parallelogramms ausgebildet. Der Markierungsumriss kann jedoch im Bereich der ersten und der zweiten Rechteckseite eine von einem Parallelogramm abweichende Form aufweisen. Durch diesen Markierungsumriss wird der Bewegungsweg der Abtastvorrichtung gegenüber der Massverkörperung verlängert, indem der stetige Signalübergang an einer Markierungsgrenze stattfindet. Hierdurch ist sichergestellt, dass in jeder Stellung der Abtastvorrichtung jede Markierungsgrenze von zumindest einer Empfängerspule in der Weise erfasst wird, dass eine Wechselspannung induziert wird, deren Amplitude zwischen der minimalen und der maximalen Amplitude der induzierten Wechselspannungen liegt. Hierdurch vereinfacht sich die Ermittlung der von der Massverkörperung abgelesenen Zufallszahlenfolge. Darüber hinaus wirkt sich ein Lagefehler der Abtastvorrichtung gegenüber der Massverkörperung quer zur Messrichtung weniger stark aus, als bei der oben vorgeschlagenen Rechteckform des Markierungsumrisses.

[0012] Es kann vorgesehen sein, dass der dritten Rechteckseite ein nach aussen oder nach innen gebogen verlaufender dritter Randabschnitt des Markierungsumrisses zugeordnet ist, wobei der vierten Rechteckseite ein nach aussen oder nach innen gebogen verlaufender vierter Randabschnitt des Markierungsumrisses zugeordnet ist. Vorzugsweise sind der dritte und der vierte Randabschnitt spiegelsymmetrisch zueinander ausgebildet. Es ist denkbar, dass der dritte und der vierte Randabschnitt in Form eines knickfreien Bogens verlaufen. Der Begriff «gebogen» soll dabei aber auch Verläufe des dritten bzw. vierten Randabschnitts einschliessen, welche einen Knick aufweisen.

[0013] Es kann vorgesehen sein, dass der dritte und der vierte Randabschnitt jeweils zwei gerade Unterabschnitte aufweisen, welche einen Winkel einschliessen, der grösser als 90° ist. Hierdurch wird erreicht, dass der Signalverlauf im Bereich einer Markierungsgrenze im Wesentlichen linear ist. Der dritte und/oder der vierte Randabschnitt sind vorzugsweise spiegelsymmetrisch bezüglich einer Mittellinie der Massverkörperung ausgebildet. Vorzugsweise weisen der dritte und/oder der vierte Randabschnitt genau zwei gerade Unterabschnitte auf.

[0014] Es kann vorgesehen sein, dass die beiden einander zugeordneten geraden Unterabschnitte in einer Ecke oder in einem Kreisradius aneinandergrenzen. Der Kreisradius ist vorzugsweise klein ausgeführt.

[0015] Es kann vorgesehen sein, dass die der ersten und der zweiten Rechteckseite zugeordneten Randabschnitte des Markierungsumrisses spiegelsymmetrisch zueinander ausgebildet sind. Hierdurch können Signalfehler vermieden werden, insbesondere solche, die nicht kompensierbar sind.

[0016] Es kann vorgesehen sein, dass der ersten Rechteckseite wenigstens ein fünfter Randabschnitt des Markierungsumrisses zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung gebogen verläuft, wobei der zweiten Rechteckseite wenigstens ein sechster Randabschnitt des Markierungsumrisses zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung gebogen verläuft. Es hat sich gezeigt, dass die Amplitude der in den Empfängerspulen induzierten Wechselspannungen in einigen Stellungen der genannten Empfängerspulen im Bereich einer Markierungsgrenze einen Wert annehmen kann, der über dem maximalen Wert liegt, der theoretisch nur auftreten sollte, wenn die Empfängerspule vollständig über ferromagnetischem Material steht. Es kann auch vorkommen, dass die genannte Amplitude unter einen minimalen Wert fällt, der theoretisch nur auftreten sollte, wenn die Empfängerspule vollständig über Luft bzw. einem nicht ferromagnetischen Material steht. Dieser Effekt kann durch die vorgeschlagene Gestaltung des Markierungsumrisses kompensiert werden. Der Begriff «gebogen» soll dabei aber auch Verläufe des fünften bzw. sechsten Randabschnitts einschliessen, welche einen Knick aufweisen. Der fünfte bzw. der sechste Randabschnitt kann wahlweise nach innen oder nach aussen gebogen sein.

[0017] Es kann vorgesehen sein, dass der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt wenigstens einen geraden Unterabschnitt aufweist.

[0018] Es kann vorgesehen sein, dass der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt wenigstens einen knickfrei gebogenen Unterabschnitt aufweist.

[0019] Es kann vorgesehen sein, dass die ersten Randabschnitte aller Markierungsumrisse in Messrichtung in einer Flucht angeordnet sind, wobei die zweiten Randabschnitte aller Markierungsumrisse in Messrichtung in einer Flucht angeordnet sind. Im Betrieb des Positionsmesssystems wird die Massverkörperung vorzugsweise derart unter Zugspannung gesetzt, dass der vorgegebene erste Teilungsabstand sehr genau eingehalten wird. Durch die vorgeschlagene Ausgestaltung der Markierungsumrisse wird vermieden, dass die Massverkörperung einen von der exakt geraden Form abweichenden Verlauf annimmt. Hierdurch würden sich Fehler beim Ablesen der Markierungen ergeben.

[0020] Es kann vorgesehen sein, dass der Abstand der dritten und der vierten Rechteckseite zwischen 20% und 50% des ersten Teilungsabstands grösser als das nächstkommende ganzzahlige Vielfache des ersten Teilungsabstands ist. Mit dieser Gestaltung eines Markierungsumrisses ergibt sich der oben als bevorzugt erläuterte Signalverlauf im Bereich einer Markierungsgrenze.

[0021] Die erfindungsgemässe Massverkörperung wird vorzugsweise in einem Positionsmesssystem verwendet, wobei eine Abtastvorrichtung vorgesehen ist, die wenigstens fünf Empfängerspulen aufweist, die in Messrichtung in einer Reihe angeordnet sind, wobei die Abtastvorrichtung eine Senderwindungsanordnung aufweist, die unbeweglich relativ zu den Empfängerspulen ist, wobei die Abtastvorrichtung in Messrichtung entlang der Massverkörperung bewegbar ist, wobei die Empfängerspulen, die Senderwindungsanordnung und die Massverkörperung so angeordnet sind, dass die Stellung der Massverkörperung gegenüber der Abtastvorrichtung die induktive Kopplung zwischen der Senderwindungsanordnung

und den Empfängerspulen beeinflusst. Der Abstand aller Paare von benachbarten Empfängerspulen in Messrichtung ist vorzugsweise gleich einem konstanten zweiten Teilungsabstand. Der zweite Teilungsabstand ist vorzugsweise gleich oder kleiner dem ersten Teilungsabstand, wobei er beispielsweise 0,8 mm beträgt.

[0022] Es kann vorgesehen sein, dass die Senderwindungsanordnung mehrere gesonderte Senderflächen umgrenzt, welche in Messrichtung in einer Reihe angeordnet sind, wobei in einer Senderfläche höchstens eine zugeordnete Empfängerspule angeordnet ist. Bei einem derartigen Positionsmesssystem tritt das der Erfindung zugrunde liegende Problem besonders stark auf, so dass die erfindungsgemässe Kompensation besonders vorteilhaft ist. Die Empfängerspulen sind vorzugsweise vollständig innerhalb der jeweils zugeordneten Senderfläche angeordnet.

[0023] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachfolgend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0024] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beigelegten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine grobschematische Darstellung eines Positionsmesssystems gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung nach Fig. 1;
- Fig. 3 eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung gemäss einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 4 eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung gemäss einer dritten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5 eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung gemäss einer vierten Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 6 einen grobschematischen Querschnitt des Positionsmesssystems nach Fig. 1, wobei die Markierungen als Durchbrüche ausgebildet sind; und
- Fig. 7 eine der Fig. 6 entsprechende Darstellung, wobei die Markierungen als Ausnehmungen ausgebildet sind.

[0025] Fig. 1 zeigt eine grobschematische Darstellung eines Positionsmesssystems 10 gemäss einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Positionsmesssystem 10 umfasst eine Massverkörperung 20 und eine Abtastvorrichtung 30. Die Massverkörperung 20 ist als Materialband 23 ausgeführt, das aus einem ferromagnetischen Material, beispielsweise aus nichtrostendem Stahl, besteht, wobei es beispielsweise eine konstante Dicke von 0,3 mm aufweist. Die Massverkörperung 20 erstreckt sich mit einer konstanten Breite 27 in eine Messrichtung 11. Entlang der Messrichtung 11 ist auf der Massverkörperung 20 eine Vielzahl von Markierungen 21 in einer Reihe angeordnet, denen ein konstanter erster Teilungsabstand λ zugrunde liegt. Die Markierungen 21 können wahlweise als Durchbrüche (Nr. 22 in Fig. 6) oder als Ausnehmungen (Nr. 22a in Fig. 7) mit konstanter Tiefe ausgebildet sein. Die Markierungen 21 können zwei Zustände aufweisen, sie können vorhanden sein oder nicht. Die Markierungen 21 kodieren eine binäre Zufallszahlenfolge, wobei ein erster Teilungsabstand λ einer binären Ziffer dieses Codes entspricht. Die Form der Markierungen wird weiter unten mit Bezug auf die Fig. 2 bis 5 erläutert. Die Markierungen 21 sind so gestaltet, dass keine Querstege in dem Materialband erforderlich sind, welche mit dem ersten Teilungsabstand λ regelmässig beabstandet auf dem Materialband 23 angeordnet sind. Quer zur Messrichtung 11 zu beiden Seiten der Markierungen 21 hat das Metallband 23 je einen Seitensteg 24, so dass sich eine zusammenhängende Massverkörperung 20 ergibt. Die Markierungen 21 sind vorzugsweise als mit Luft gefüllter Freiraum ausgebildet. Sie können aber auch mit einem Material ausgefüllt sein, welches nicht ferromagnetisch ist, beispielsweise mit Messing.

[0026] Die Abtastvorrichtung 30 ist in Messrichtung 11 beweglich gegenüber der Massverkörperung 20. Vorzugsweise ist die Massverkörperung 20 an der Führungsschiene eines Linearwälzlagers befestigt, wobei die Abtastvorrichtung 30 am zugeordneten Führungswagen befestigt ist. Ein entsprechendes Linearwälzlager ist aus der DE 10 2007 042 796 A1 bekannt. Die Abtastvorrichtung 30 umfasst eine Auswertebaugruppe 34, welche vorzugsweise in Form einer gesonderten elektronischen Platine ausgebildet ist. Der verbleibende Rest der Abtastvorrichtung 30, namentlich die Senderwindungsanordnung 41, die Empfängerspulen 40, die Schaltvorrichtung 70 und der Operationsverstärker 80 sind in unmittelbarer räumlicher Nähe zur Massverkörperung 20 angeordnet, während die Auswertebaugruppe 34 demgegenüber einen grösseren räumlichen Abstand zur Massverkörperung 20 aufweisen kann.

[0027] Die Senderwindungsanordnung 41 und die Empfängerspulen 40 sind jeweils als planare Windungsanordnungen ausgebildet. In Fig. 1 ist jeweils nur ein Windungsumlauf eingezeichnet, wobei sowohl die Senderwindungsanordnung 41 als auch die Empfängerspulen 40 tatsächlich jeweils eine Vielzahl von im Wesentlichen parallelen Windungsumläufen aufweisen. In Fig. 1 ist sowohl in der Senderwindungsanordnung 41 als auch in der Massverkörperung 20 eine Mittellinie 25 eingezeichnet. Diese beiden Mittellinien 25 liegen, entgegen der Darstellung in Fig. 1, deckungsgleich übereinander,

wobei die Senderwindungsanordnung 41 und die Empfängerspulen 40 mit geringem Abstand zur Massverkörperung 20 angeordnet sind (vgl. Fig. 6 und 7). Damit beeinflusst die Massverkörperung 20 die induktive Kopplung zwischen der Senderwindungsanordnung 41 und den Empfängerspulen 40. D.h. ein in die Senderwindungsanordnung 41 eingespeister Wechselstrom induziert in die Empfängerspulen 40 eine Wechselspannung, deren Amplitude von der Lage der Abtastvorrichtung 30 gegenüber der Massverkörperung 20 abhängt.

[0028] Die Senderwindungsanordnung 41 ist vorliegend als Mäanderstruktur ausgebildet, wobei sie mehrere gesonderte Senderflächen 42 umgrenzt, welche in Messrichtung 11 in einer Reihe angeordnet sind. Die Senderwindungsanordnung 41 umfasst eine erste und zweite Gruppe 44; 45 von schlangenlinienartig ausgebildeten Leiterbahnen 43, welche sich entlang der Messrichtung 11 mehrfach kreuzen. An der mit der Nr. 46 gekennzeichneten Stelle sind die genannten Leiterbahnen 43 derart miteinander verbunden, dass die Senderwindungsanordnung 41 von einer einzigen durchgehenden Leiterbahn gebildet wird. Die Senderwindungsanordnung 41 kann alternativ auch aus mehreren einzelnen Spulen zusammengesetzt sein, die jeweils eine einzige zugeordnete Senderfläche 42 umgrenzen, wobei sie wahlweise in Reihe oder parallel geschaltet sind. Wenn die Senderwindungsanordnung 41 von der Wechselstromquelle 31 mit einem Wechselstrom gespeist wird, ergibt sich in allen Senderflächen 42 ein betragsmässig im Wesentlichen gleiches elektromagnetisches Wechselfeld, wobei die Feldrichtung in unmittelbar benachbarten Senderflächen 42 entgegengesetzt ist. Die Wechselstromquelle 31 ist vorzugsweise Bestandteil der Auswertebaugruppe 34.

[0029] In den Senderflächen 42 ist jeweils eine einzige Empfängerspule 40 vollständig angeordnet. In räumlicher Nähe zu den Empfängerspulen 40 ist der Operationsverstärker 80 angeordnet, der vorzugsweise voll differentiell ausgebildet ist. Zwei benachbarte Empfängerspulen 40 weisen in Messrichtung 11 jeweils einen konstanten zweiten Teilungsabstand 5 auf, der beispielsweise 0,8 mm beträgt. Die Beschaltung des Operationsverstärkers 80 ist in Fig. 1 stark vereinfacht dargestellt, wobei nur die zwei für den voll differentiellen Operationsverstärker 80 kennzeichnenden Rückkopplungswiderstände 85; 86 dargestellt sind. Der erste Rückkopplungswiderstand 85 verbindet die erste Eingangsanschlussstelle 81 des Operationsverstärkers 80 mit der ersten Ausgangsanschlussstelle 83 des Operationsverstärkers 80. Der zweite Rückkopplungswiderstand 86 verbindet die zweite Eingangsanschlussstelle 82 des Operationsverstärkers 80 mit der zweiten Ausgangsanschlussstelle 84 des Operationsverstärkers 80.

[0030] Die erste und die zweite Ausgangsanschlussstelle 83; 84 sind eingangsseitig an einen Analog-Digital-Wandler 32 angeschlossen, so dass der Analog-Digital-Wandler 32 die entsprechende elektrische Messspannung M messen kann. Der entsprechende Digitalwert wird an einen programmierbaren Digitalrechner 33 weitergegeben. Der programmierbare Digitalrechner 33 und der Analog-Digital-Wandler 32 sind vorzugsweise Bestandteil der Auswertebaugruppe 34, wobei sie höchst vorzugsweise in Form eines Mikrocontrollers ausgebildet sind.

[0031] Die erste und die zweite Eingangsanschlussstelle 81; 82 sind über eine Schaltungsvorrichtung 70 mit den verschiedenen Empfängerspulen 40 verbunden. Die Schaltungsvorrichtung 70 umfasst eine erste Signalleitung 75, welche an die erste Eingangsanschlussstelle 81 des Operationsverstärkers 80 angeschlossen ist. Weiter ist eine zweite Signalleitung 76 an die zweite Eingangsanschlussstelle 82 des Operationsverstärkers 80 angeschlossen. Jeweils ein Anschluss einer jeden Empfängerspule 40 ist an eine dritte Signalleitung 77 angeschlossen. Der jeweils andere Anschluss einer Empfängerspule 40 ist über ein zugeordnetes Schaltmittel 71; 72 entweder mit der ersten oder mit der zweiten Signalleitung 75; 76 verbunden. Vorzugsweise weist jedes Schaltmittel 71; 72; 73; 74 einen ersten Zustand auf, in dem es einen ersten elektrischen Widerstand hat, wobei es einen zweiten Zustand aufweist, in dem es einen zweiten elektrischen Widerstand hat, wobei der zweite elektrische Widerstand wenigstens 1000-mal grösser als der erste elektrische Widerstand ist, wobei das wenigstens eine Schaltmittel zwischen dem ersten und dem zweiten Zustand umschaltbar ist. Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird davon ausgegangen, dass eine Empfängerspule 40 im zweiten Zustand des zugeordneten Schaltmittels 71; 72 nicht an den Operationsverstärker 80 angeschlossen ist. Vorzugsweise werden die Schaltmittel 71; 72; 73; 74 auf der Basis von Halbleitern verwendet. Damit kann beispielsweise ein erster elektrischer Widerstand von 0,9 Ω erreicht werden, wobei ein zweiter elektrischer Widerstand erreicht werden kann, der eine Signaldämpfung von wenigstens 60 dB ergibt. Ein entsprechendes Schaltmittel ist Gegenstand des Datenblatts, welches am 19.03.2015 unter der Internetadresse <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ts5a623157.pdf> abrufbar war.

[0032] In Fig. 1 sind beispielhaft sieben Empfängerspulen 40 dargestellt, die jeweils mit einem Index n gekennzeichnet sind, der entlang der Messrichtung 11 hochzählt. Es versteht sich, dass das Positionsmesssystem 10 wesentlich mehr, beispielsweise dreissig, Empfängerspulen 40 aufweisen kann. Die Empfängerspulen 40 mit den Indizes $n = 1, 3, 5, 7$ sind jeweils über ein erstes Schaltmittel 71 mit der ersten Signalleitung 75 verbunden. Die jeweils dazwischen angeordneten Empfängerspulen 40 mit den Indizes $n = 2, 4, 6$ sind jeweils über ein zweites Schaltmittel 72 mit der zweiten Signalleitung 76 verbunden. Die vorstehend beschriebene Verschaltung führt dazu, dass die beiden gewählten Empfängerspulen differentiell zusammengeschaltet sind, wobei sie eingangsseitig an den Operationsverstärker 80 angeschlossen sind. Dem entsprechend wirken sich äussere Störfelder, die auf beide genannten Empfängerspulen 40 in gleicher Weise einwirken, nicht auf die Messspannung M aus. Für die ordnungsgemässe differentielle Zusammenschaltung zweier Empfängerspulen kommt es auf die Windungsrichtung der betreffenden Empfängerspulen und darauf, welcher Anschluss mit der dritten Signalleitung 77 verbunden ist, an.

[0033] Mit dem vierten Schaltmittel 74 wird die dritte Signalleitung 77 mit der ersten Eingangsanschlussstelle 81 der Operationsverstärkers 80 verbunden. Damit ist nur eine einzelne Empfängerspule 40 eingangsseitig an den Operationsverstärker 80 angeschlossen, welche über ein zweites Schaltmittel 72 mit der zweiten Signalleitung 76 verbunden ist. Wenn

eine einzelne Empfängerspule 40 verwendet werden soll, die über ein erstes Schaltmittel 71 mit der ersten Signalleitung 75 verbunden ist, wird im Übrigen allein das dritte Schaltmittel 73 geschlossen. Mit dem dritten Schaltmittel 73 wird die dritte Signalleitung 77 mit der zweiten Eingangsanschlussstelle 82 des Operationsverstärkers 80 verbunden.

[0034] Die ersten bis vierten Schaltmittel 71; 72; 73; 74 werden vorzugsweise von dem programmierbaren Digitalrechner 33 angesteuert, wobei die entsprechenden Steuerleitungen in Fig. 1 nicht dargestellt sind.

[0035] Fig. 2 zeigt eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung 20 gemäss der ersten Ausführungsform der Erfindung nach Fig. 1. Unterhalb der Massverkörperung 20 ist ein Diagramm dargestellt, in welchem ein Spannungsverhältnis k über einer Position x aufgetragen ist. Die Position x ist die Lage einer einzelnen Empfängerspule (Nr. 40 in Fig. 1) relativ zur Massverkörperung 20. Das Spannungsverhältnis k gibt die Amplitude der in die betrachtete Empfängerspule induzierten Wechselspannung an. Der Wert 100% tritt dann auf, wenn die Empfängerspule vollständig über ferromagnetischem Material steht. Wenn die Empfängerspule vollständig über einer Markierung 21 steht, beträgt das Spannungsverhältnis näherungsweise 0%, da die induktive Kopplung zwischen der Senderwindungsanordnung und der Empfängerspule wegen des fehlenden ferromagnetischen Materials sehr schwach ist.

[0036] Bei der ersten Ausführungsform ist der Markierungsumriss 50 rechteckig ausgebildet, so dass das gedachte Rechteck 60 gemäss dem selbständigen Anspruch vollständig mit dem Markierungsumriss 50 zusammenfällt. Das gedachte Rechteck 60 hat eine erste, eine zweite, eine dritte und eine vierte Rechteckseite 61; 62; 63; 64. Die erste und die zweite Rechteckseite 61; 62 verlaufen parallel zur Messrichtung 11, wobei die dritte und die vierte Rechteckseite 63; 64 senkrecht zur Messrichtung 11 verlaufen. Der Abstand 65 der ersten und der zweiten Rechteckseite 61; 62 entspricht der Breite der Markierung 21. Diese ist etwas kleiner ausgeführt als die Breite 27 des Materialbands 23, so dass die beiden gegenüberliegenden Seitenstege 24 stehen bleiben, welche das Materialband 23 an einem Stück zusammenhalten. Der Abstand 66 der dritten und der vierten Rechteckseite 63; 64 ist die Länge der Markierung 21. Dieser ist vorliegend etwas grösser als ein ganzzahliges Vielfaches des ersten Teilungsabstands λ . Wie aus Fig. 1 ersichtlich, kann der erste Teilungsabstand λ ermittelt werden, indem man beispielsweise die Abstände der dritten Rechteckseiten 63 aller Markierungen 21 ausmisst, wobei der kürzeste dieser Abstände gleich dem Doppelten des ersten Teilungsabstands λ ist.

[0037] Der Abstand 66 bzw. der lichte Abstand (Nr. 67 in Fig. 1) zweier unmittelbar benachbarter gedachter Rechtecke 60 ist so gewählt, dass der Wegabstand 13 der 50%-Werte 12 des Spannungsverhältnisses k möglichst genau ein ganzzahliges Vielfaches des ersten Teilungsabstands λ ist. Wenn der erste Teilungsabstand λ beispielsweise 1,0 mm beträgt, kann der Abstand 66 beispielsweise 1,4 mm betragen, wobei der lichte Abstand (Nr. 67 in Fig. 1) beispielsweise 0,6 mm beträgt.

[0038] Fig. 3 zeigt eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung 20 gemäss einer zweiten Ausführungsform der Erfindung. Der Markierungsumriss 50 ist in Form eines Parallelogramms ausgebildet, so dass er nicht mehr vollständig mit dem gedachten Rechteck 60 zusammenfällt. Das gedachte Rechteck 60 ist in Fig. 3 mit Strichlinien eingezeichnet. Der einzige gerade erste Randabschnitt 51 des Markierungsumrisses 50 ist vollständig auf der ersten Rechteckseite 61 gelegen, wobei die erste Rechteckseite 61 länger als der erste Randabschnitt 51 ist. Der einzige gerade zweite Randabschnitt 52 des Markierungsumrisses 50 ist vollständig auf der zweiten Rechteckseite 62 gelegen, wobei die zweite Rechteckseite 62 länger als der zweite Randabschnitt 52 ist.

[0039] Der dritten Rechteckseite 63 ist ein einziger gerader dritter Randabschnitt 53 des betreffenden Markierungsumrisses 50 zugeordnet, der vollständig innerhalb des gedachten Rechtecks 60 angeordnet ist. Der vierten Rechteckseite 64 ist ein einziger gerader vierter Randabschnitt 54 des betreffenden Markierungsumrisses 50 zugeordnet, der vollständig innerhalb des gedachten Rechtecks 60 angeordnet ist. Der dritte und der vierte Randabschnitt 53; 54 sind parallel zueinander angeordnet, wobei sie mit der Messrichtung 11 einen von 90° verschiedenen Winkel einschliessen.

[0040] Der Punkt 68, an dem die dritte Rechteckseite 63 mit dem Markierungsumriss 50 zusammenfällt, ist die Ecke zwischen dem dritten und dem zweiten Randabschnitt 53; 52. Der Punkt 69, an dem die vierte Rechteckseite 64 mit dem Markierungsumriss 50 zusammenfällt, ist die Ecke zwischen dem vierten und dem ersten Randabschnitt 54; 51.

[0041] Wie ein Vergleich der Fig. 2 und 3 ergibt, ist der Verlauf des Spannungsverhältnisses k über die Position x im Bereich der 50%-Werte 12 bei der zweiten Ausführungsform deutlich weniger steil als bei der ersten Ausführungsform. Der Abstand 66 bzw. die lichte Weite (Nr. 67 in Fig. 1) ist wieder so gewählt, dass der Wegabstand 13 der 50%-Werte 12 des Spannungsverhältnisses k möglichst genau ein ganzzahliges Vielfaches des ersten Teilungsabstands λ ist.

[0042] Fig. 4 zeigt eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung 20 gemäss einer dritten Ausführungsform der Erfindung. Das gedachte Rechteck 60 ist in Fig. 4 mit Strichlinien eingezeichnet. Der einzige gerade erste Randabschnitt 51 des Markierungsumrisses 50 ist vollständig auf der ersten Rechteckseite 61 gelegen, wobei die erste Rechteckseite 61 länger als der erste Randabschnitt 51 ist. Der einzige gerade zweite Randabschnitt 52 des Markierungsumrisses 50 ist vollständig auf der zweiten Rechteckseite 62 gelegen, wobei die zweite Rechteckseite 62 länger als der zweite Randabschnitt 52 ist.

[0043] Der dritten Rechteckseite 63 ist ein nach aussen gebogen verlaufender dritter Randabschnitt 53a des Markierungsumrisses 50 zugeordnet. Der vierten Rechteckseite 64 ist ein nach aussen gebogen verlaufender vierter Randabschnitt 54a des Markierungsumrisses 50 zugeordnet. Der dritte und der vierte Randabschnitt 53a; 54a sind spiegelsymmetrisch zueinander ausgebildet. Der dritte und der vierte Randabschnitt 53a; 54a weisen jeweils genau zwei gerade Unterabschnitte 57 auf, welche einen Winkel einschliessen, der grösser als 90° ist. Die beiden einander zugeordneten geraden

Unterabschnitte 57 grenzen in einer Ecke 58 aneinander an. Die Ecken 58 bilden die Punkte 68; 69, an denen die dritte bzw. die vierte Rechteckseite 63; 64 mit dem Markierungsumriss 50 zusammenfällt.

[0044] Der Verlauf des Spannungsverhältnisses k über die Position x im Bereich der 50%-Werte 12 ist bei der dritten Ausführungsform im Wesentlichen der Gleiche wie bei der zweiten Ausführungsform nach Fig. 3. Der Abstand 66 bzw. die lichte Weite (Nr. 67 in Fig. 1) ist wieder so gewählt, dass der Wegabstand 13 der 50%-Werte 12 des Spannungsverhältnisses k möglichst genau ein ganzzahliges Vielfaches des ersten Teilungsabstands λ ist.

[0045] Der Markierungsumriss 50 gemäss der dritten Ausführungsform ist insgesamt spiegelsymmetrisch bezüglich der Mittellinie 25 der Massverkörperung 20 ausgebildet. Hierdurch werden Fehler bei der Abtastung der Massverkörperung 20 vermieden.

[0046] Fig. 5 zeigt eine grobschematische Darstellung eines Teils einer Massverkörperung 20 gemäss einer vierten Ausführungsform der Erfindung. Diese Ausführungsform betrifft mehrere weitere Abweichungen der tatsächlichen Signalform von der für die Signalauswertung idealen Signalform. Die vierte Ausführungsform nach Fig. 5 ist eine Abwandlung der ersten Ausführungsform nach Fig. 2, sie kann jedoch auch mit der zweiten oder der dritten Ausführungsform nach den Fig. 3 bzw. 4 kombiniert werden.

[0047] In Fig. 5 unten ist mit einer Strichlinie die Signalform eingezeichnet, die sich ergeben kann, wenn allein die erste Ausführungsform nach Fig. 2 zum Einsatz kommt. Mit einer durchgezogenen Linie ist die Signalform eingezeichnet, welche sich nach den nachfolgend erläuterten Kompensationsmassnahmen ergibt, und die für eine einfache Signalauswertung besonders geeignet ist. Zwischen diesen Signalformen ergeben sich insgesamt drei Arten von Abweichungen 14a; 14b; 15a; 15b; 16, auf die nachfolgend im Einzelnen eingegangen wird.

[0048] Der Plateaueffekt 16 ist zu beobachten, wenn sich die betrachtete Einzelspule mit grossem Abstand zu einer Markierung 21 vollständig über dem ferromagnetischen Material des Materialbandes 23 befindet. Die Signalamplitude kann dann etwas höher sein, als wenn sich die Einzelspule mit geringem Abstand zu einer Markierung 21 vollständig über dem ferromagnetischen Material des Materialbandes 23 befindet. Diesem Plateaueffekt 16 kann durch Hilfsmarkierungen 21a begegnet werden, welche gegenüber den informationstragenden Markierungen 21 sehr schmal ausgebildet sind. Die Hilfsmarkierungen 21a sind gerade dort angeordnet, wo sich ohne Hilfsmarkierungen 21a ein Plateaueffekt 16 zeigt. Die Breite der Hilfsmarkierungen 21a ist gerade so gross gewählt, dass der Plateaueffekt 16 verschwindet.

[0049] Die Überschwinger 14a; 14b können zu beobachten sein, wenn sich die betrachtete Einzelspule kurz vor oder kurz nach einer Markierungsgrenze 53; 54 über dem ferromagnetischen Material des Materialbandes 23 steht. Den Überschwinger 14a; 14b kann begegnet werden, indem im entsprechenden Bereich des Materialbandes 23 ferromagnetisches Material entfernt wird. Hierfür ist an der ersten Rechteckseite 61 der Hilfsmarkierung 21a ein fünfter Randabschnitt 55 des Markierungsumrisses 50 vorgesehen, welcher bezüglich der Messrichtung 11 nach aussen gebogen verläuft, wobei der zweiten Rechteckseite 62 wenigstens ein sechster Randabschnitt 56 des Markierungsumrisses 50 der Hilfsmarkierung 21a zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung 11 nach aussen gebogen verläuft.

[0050] Die Unterschwinger 15a; 15b können zu beobachten sein, wenn die betrachtete Einzelspule kurz hinter oder kurz vor einer Markierungsgrenze 53; 54 über dem Freiraum einer Markierung 21 steht. Den Unterschwinger 15a; 15b kann begegnet werden, indem im entsprechenden Bereich des Materialbandes 23 ferromagnetisches Material hinzugefügt wird. Hierfür ist an der ersten Rechteckseite 61 der Markierung 21 ein fünfter Randabschnitt 55 des Markierungsumrisses 50 vorgesehen, welcher bezüglich der Messrichtung 11 nach innen gebogen verläuft, wobei der zweiten Rechteckseite 62 der Markierung 21 wenigstens ein sechster Randabschnitt 56 des Markierungsumrisses 50 zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung 11 nach innen gebogen verläuft.

[0051] Der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt 55; 56 können wenigstens einen geraden Unterabschnitt 57a aufweisen, wie dies in Fig. 5 beim Überschwinger 14b und beim Unterschwinger 15b gezeigt ist. Der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt 55; 56 können einen knickfrei gebogenen Unterabschnitt 57b aufweisen, wie dies in Fig. 5 beim Überschwinger 14a und beim Unterschwinger 15a gezeigt ist.

[0052] Fig. 6 zeigt einen grobschematischen Querschnitt des Positionsmesssystems 10 nach Fig. 1, wobei die Markierungen 21 als Durchbrüche 22 ausgebildet sind. Dementsprechend durchsetzen die Markierungen 21 die gesamte Dicke 26 der Massverkörperung 20. Der Markierungsumriss 50 ist dabei über die gesamte Dicke 26 des Materialbandes 23 im Wesentlichen konstant ausgebildet. Abweichungen können dabei toleranzbedingt durch die bevorzugte Herstellung mit einem photochemischen Ätzverfahren entstehen. Die Durchbrüche 22 werden vorzugsweise von zwei gegenüberliegenden Seiten her gleichzeitig aus dem Materialband 23 heraus geätzt, so dass die Ätzzeit kurz ist.

[0053] Weiter ist in Fig. 6 die Anordnung der Empfängerspulen 40 und der Senderwindungsanordnung 41 gegenüber der Massverkörperung 20 zu erkennen. Die Empfängerspulen 40 und die Senderwindungsanordnung 41 sind jeweils als planare Windungsanordnungen ausgebildet, welche vorzugsweise mittels eines photochemischen Ätzverfahrens hergestellt werden. In Fig. 6 ist jeweils nur eine einzige Schicht für die Empfängerspulen 40 und die Senderwindungsanordnung 41 vorgesehen, wobei auch mehr Schichten vorgesehen sein können, um die Anzahl der Windungsumläufe möglichst gross auszuführen. Die einzelnen Schichten sind jeweils durch eine Isolierschicht 47 voneinander getrennt, welche beispielsweise aus Polyimid bestehen kann. Dieser Kunststoff ist elektrisch nichtleitend, wobei er hohen Temperaturen standhält. Soweit die Empfängerspulen 40 und/oder die Senderwindungsanordnung 41 jeweils mehrere Schichten aufweisen, sind

diese vorzugsweise über Durchkontaktierungen elektrisch miteinander verbunden, wobei die Durchkontaktierungen eine oder mehrere zugeordneten Isolierschichten durchsetzen.

[0054] Der Sensorabstand 17 zwischen der Massverkörperung 20 und der Baugruppe, welche die Empfängerspulen 40 und die Senderwindungsanordnung 41 enthält, ist vorzugsweise klein ausgeführt, höchst vorzugsweise kleiner als der erste Teilungsabstand λ .

[0055] Fig. 7 zeigt eine der Fig. 6 entsprechende Darstellung, wobei die Markierungen 21 als Ausnehmungen 22a ausgebildet sind. Die Ausnehmungen 22a haben eine konstante Tiefe 22b, welche beispielsweise gleich der halben Dicke 26 des Materialbands 23 ist. Die Ausnehmungen 22a werden vorzugsweise durch ein photochemisches Ätzverfahren hergestellt, wobei die Ätzung nur von einer Seite des Materialbandes 23 her erfolgt. Da die Ätztiefe und mithin die Tiefe 22b der Ausnehmungen 22a nur schwer steuerbar ist, sind die Durchbrüche gemäss Fig. 6 bevorzugt.

[0056] Im Übrigen wird auf die Ausführungen zu Fig. 6 verwiesen, wobei in Fig. 6 und 7 gleiche bzw. sich entsprechende Teile mit den gleichen Bezugsziffern versehen sind.

Bezugszeichen

[0057]

λ	erster Teilungsabstand
δ	zweiter Teilungsabstand
M	Messspannung
k	Spannungsverhältnis
x	Position einer einzelnen Empfängerspule relativ zur Massverkörperung
10	Positionsmesssystem
11	Messrichtung
12	50%-Wert des Spannungsverhältnisses
13	Wegabstand der 50%-Werte des Spannungsverhältnisses
14a	Überschwinger
14b	Überschwinger
15a	Unterschwinger
15b	Unterschwinger
16	Plateau effekt
17	Sensorabstand
20	Massverkörperung
21	Markierung
21a	Hilfsmarkierung
22	Durchbruch
22a	Ausnehmung
22b	Tiefe der Ausnehmung
23	Materialband
24	Seitensteg
25	Mittellinie

- 26 Dicke des Massbands
- 27 Breite des Massbands

- 30 Abtastvorrichtung
- 31 Wechselstromquelle
- 32 Analog-Digital-Wandler
- 33 programmierbarer Digitalrechner
- 34 Auswertebaugruppe

- 40 Empfängerspule
- 41 Senderwindungsanordnung
- 42 Senderfläche
- 43 schlangenlinienartige Leiterbahn
- 44 erste Gruppe
- 45 zweite Gruppe
- 46 Grenze zwischen den zwei Gruppen von schlangenlinienartigen Leiterbahnen
- 47 Isolierschicht

- 50 Markierungsumriss
- 51 erster Randabschnitt
- 52 zweiter Randabschnitt
- 53 dritter Randabschnitt
- 53a dritter Randabschnitt
- 54 vierter Randabschnitt
- 54a vierter Randabschnitt
- 55 fünfter Randabschnitt
- 56 sechster Randabschnitt
- 57 gerader Unterabschnitt
- 57a gerader Unterabschnitt
- 57b knickfrei gebogener Unterabschnitt
- 58 Ecke

- 60 gedachtes Rechteck
- 61 erste Rechteckseite
- 62 zweite Rechteckseite
- 63 dritte Rechteckseite

- 64 vierte Rechteckseite
- 65 Abstand zwischen erster und zweiter Rechteckseite
- 66 Abstand zwischen dritter und vierter Rechteckseite
- 67 lichter Abstand zwischen zwei benachbarten Rechtecken
- 68 Punkt an dem die dritte Rechteckseite mit dem Markierungsumriss zusammenfällt
- 69 Punkt an dem die vierte Rechteckseite mit dem Markierungsumriss zusammenfällt

- 70 Schaltungsvorrichtung
- 71 erstes Schaltmittel
- 72 zweites Schaltmittel
- 73 drittes Schaltmittel
- 74 viertes Schaltmittel
- 75 erste Signalleitung
- 76 zweite Signalleitung
- 77 dritte Signalleitung

- 80 Operationsverstärker
- 81 erste Eingangsanschlussstelle des Operationsverstärkers
- 82 zweite Eingangsanschlussstelle des Operationsverstärkers
- 83 erste Ausgangsanschlussstelle des Operationsverstärkers
- 84 zweite Ausgangsanschlussstelle des Operationsverstärkers
- 85 erster Rückkopplungswiderstand
- 86 zweiter Rückkopplungswiderstand

Patentansprüche

1. Massverkörperung (20) zur Verwendung in einem Positionsmesssystem (10), wobei die Massverkörperung (20) von einem Materialband (23) gebildet wird, das aus einem ferromagnetischen Material besteht, wobei das Materialband (23) entlang einer Messrichtung (11) langgestreckt ausgebildet ist, wobei entlang der Messrichtung (11) eine Vielzahl von Markierungen (21; 21a) an dem Materialband in einer Reihe angeordnet sind, wobei die Markierungen (21) jeweils von Durchbrüchen (22) oder von Ausnehmungen (22a) mit konstanter Tiefe gebildet werden, wobei die Markierungen (21) jeweils einen Markierungsumriss (50) aufweisen, wobei zumindest ein Teil der Markierungen (21) eine binäre Zufallszahlenfolge kodiert, wobei jeder Markierungsumriss (50) vollständig innerhalb eines zugeordneten, gedachten Rechtecks (60) mit einer ersten, einer zweiten, einer dritten und einer vierten Rechteckseite (61; 62; 63; 64) angeordnet ist, wobei die erste und die zweite Rechteckseite (61; 62) parallel zur Messrichtung (11) verlaufen, wobei die Markierungsumrisse (50) jeweils wenigstens einen geraden ersten Randabschnitt (51) aufweisen, welcher mit einer zugeordneten ersten Rechteckseite (61) zusammenfällt, wobei die Markierungsumrisse (50) jeweils wenigstens einen geraden zweiten Randabschnitt (52) aufweisen, der mit einer zugeordneten zweiten Rechteckseite (62) zusammenfällt, wobei die dritte und die vierte Rechteckseite (63; 64) jeweils zumindest an einem Punkt (68; 69) mit dem zugeordneten Markierungsumriss (50) zusammenfallen, wobei der Abstand der dritten Rechteckseiten (63) zweier unmittelbar benachbarter gedachten Rechtecke (60) jeweils ein ganzzahliges Vielfaches eines ersten Teilungsabstands (λ) ist, dadurch gekennzeichnet, dass der lichte Abstand (67) zweier unmittelbar benachbarter, gedachter Rechtecke (60) verschieden von einem ganzzahligen Vielfachen des ersten Teilungsabstands (λ) ist.

2. Massverkörperung nach Anspruch 1, wobei die Markierungsumrisse (50) jeweils vollständig mit dem zugeordneten gedachten Rechteck (60) zusammenfallen.
3. Massverkörperung nach Anspruch 1, wobei der dritten Rechteckseite (63) ein einziger gerader dritter Randabschnitt (53) des betreffenden Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist, wobei der vierten Rechteckseite (64) ein einziger gerader vierter Randabschnitt (64) des betreffenden Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist, wobei der dritte und der vierte Randabschnitt (53; 54) parallel zueinander angeordnet sind, wobei sie mit der Messrichtung (11) einen von 90° verschiedenen Winkel einschliessen.
4. Massverkörperung nach Anspruch 1, wobei der dritten Rechteckseite (63) ein nach aussen oder nach innen gebogen verlaufender dritter Randabschnitt (53a) des Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist, wobei der vierten Rechteckseite (64) ein nach aussen oder nach innen gebogen verlaufender vierter Randabschnitt (54a) des Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist.
5. Massverkörperung nach Anspruch 4, wobei der dritte und der vierte Randabschnitt (53a; 54a) jeweils zwei gerade Unterabschnitte (57) aufweisen, welche einen Winkel einschliessen, der grösser als 90° ist.
6. Massverkörperung nach Anspruch 5, wobei die beiden einander zugeordneten geraden Unterabschnitte (57) in einer Ecke (58) oder in einem Kreisradius aneinandergrenzen.
7. Massverkörperung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die der ersten und der zweiten Rechteckseite (61; 62) zugeordneten Randabschnitte des Markierungsumrisses (50) spiegelsymmetrisch zueinander ausgebildet sind.
8. Massverkörperung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der ersten Rechteckseite (61) wenigstens ein fünfter Randabschnitt (55) des Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung (11) gebogen verläuft, wobei der zweiten Rechteckseite (62) wenigstens ein sechster Randabschnitt (56) des Markierungsumrisses (50) zugeordnet ist, welcher bezüglich der Messrichtung (11) gebogen verläuft.
9. Massverkörperung nach Anspruch 8, wobei der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt (55; 56) wenigstens einen geraden Unterabschnitt (57a) aufweist.
10. Massverkörperung nach Anspruch 8 oder 9, wobei der fünfte und/oder der sechste Randabschnitt (55; 56) wenigstens einen knickfrei gebogenen Unterabschnitt (57b) aufweist.
11. Massverkörperung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die ersten Randabschnitte (51) aller Markierungsumrisse (50) in Messrichtung (11) in einer Flucht angeordnet sind, wobei die zweiten Randabschnitte (52) aller Markierungsumrisse (50) in Messrichtung (11) in einer Flucht angeordnet sind.
12. Massverkörperung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Abstand (66) der dritten und der vierten Rechteckseite (63; 64) zwischen 20% und 50% des ersten Teilungsabstands (λ) grösser als das nächstkommende ganzzahlige Vielfache des ersten Teilungsabstands (λ) ist.
13. Positionsmesssystem (10) mit einer Massverkörperung (20) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Abtastvorrichtung (30) vorgesehen ist, die wenigstens fünf Empfängerspulen (40) aufweist, die in Messrichtung (11) in einer Reihe angeordnet sind, wobei die Abtastvorrichtung (30) eine Senderwindungsanordnung (41) aufweist, die unbeweglich relativ zu den Empfängerspulen (40) ist, wobei die Abtastvorrichtung (30) in Messrichtung (11) entlang der Massverkörperung (20) bewegbar ist, wobei die Empfängerspulen (40), die Senderwindungsanordnung (41) und die Massverkörperung (20) so angeordnet sind, dass die Stellung der Massverkörperung (20) gegenüber der Abtastvorrichtung (30) die induktive Kopplung zwischen der Senderwindungsanordnung (41) und den Empfängerspulen (40) beeinflusst.
14. Massverkörperung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Senderwindungsanordnung (41) mehrere gesonderte Senderflächen (42) umgrenzt, welche in Messrichtung (11) in einer Reihe angeordnet sind, wobei in einer Senderfläche (42) höchstens eine zugeordnete Empfängerspule (40) angeordnet ist.

Fig. 1

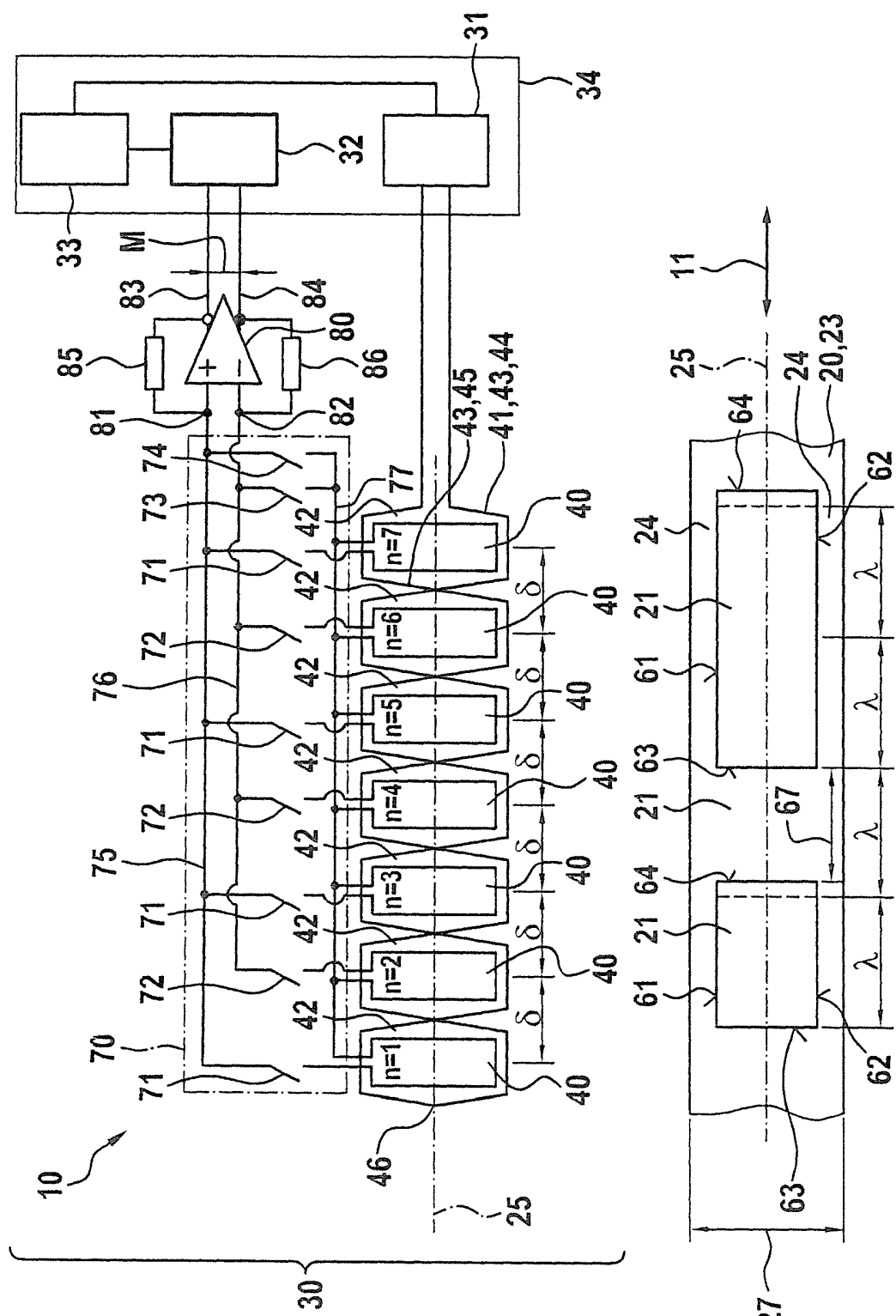


Fig. 2

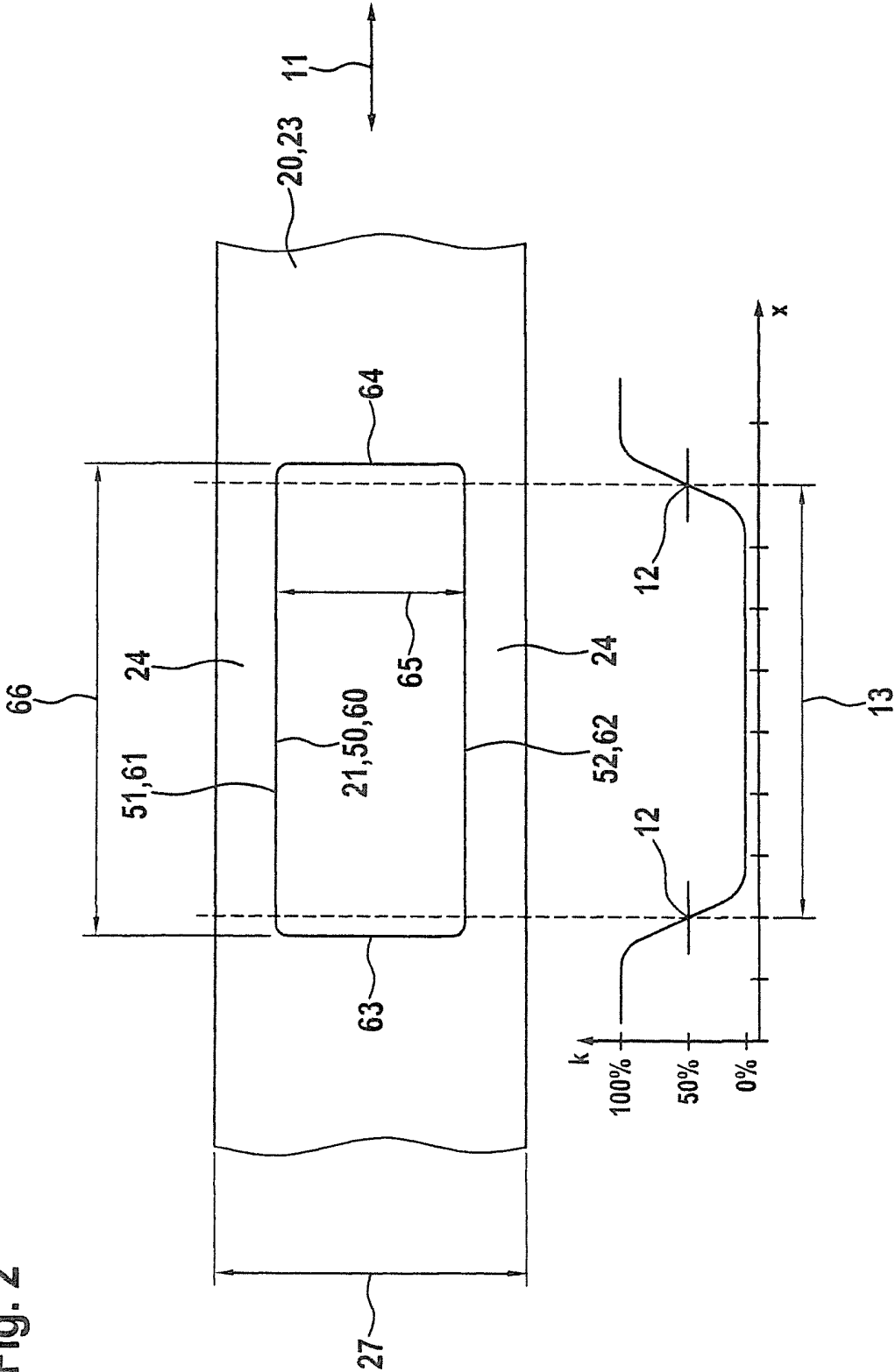


Fig. 3

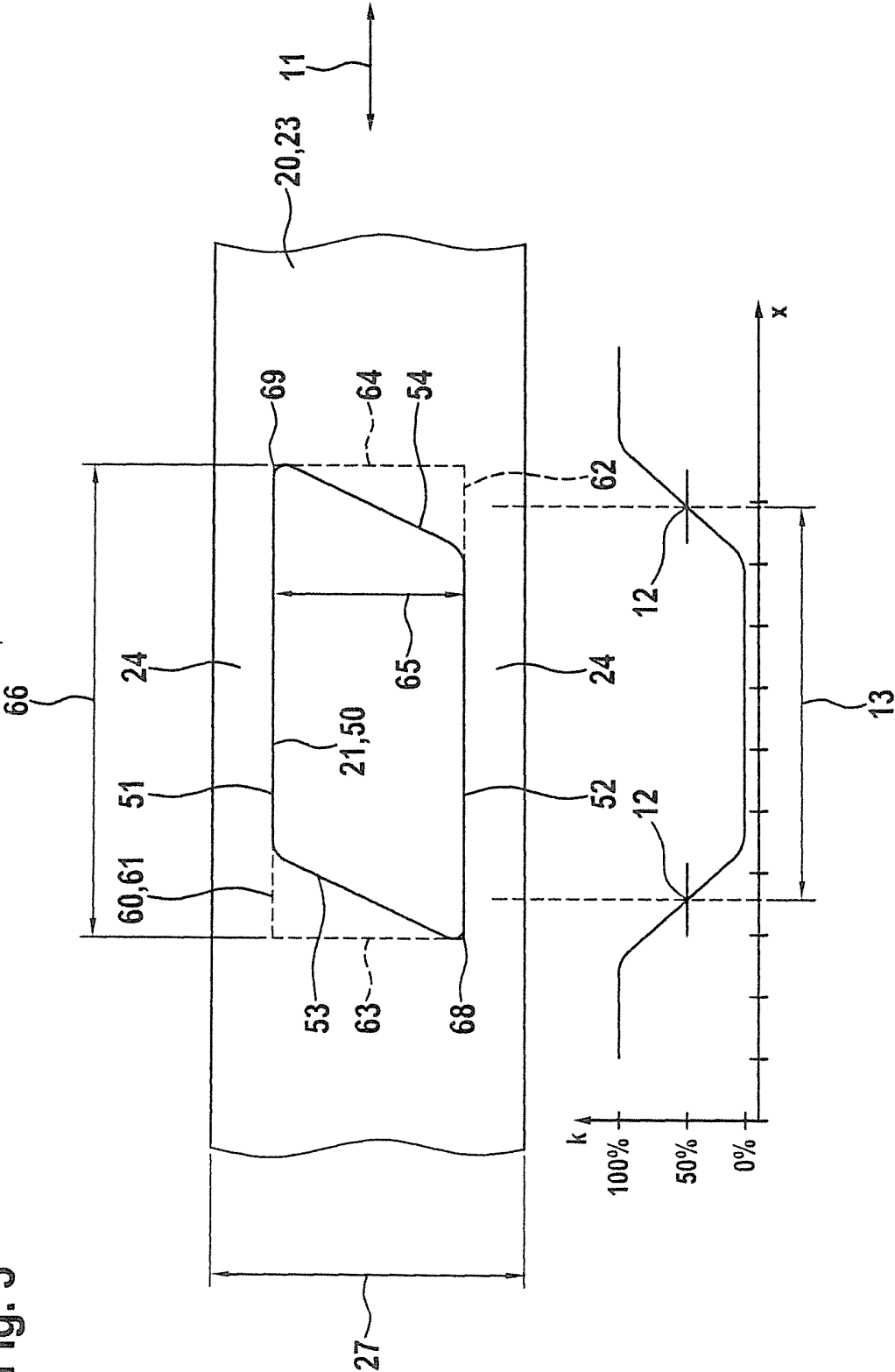


Fig. 4

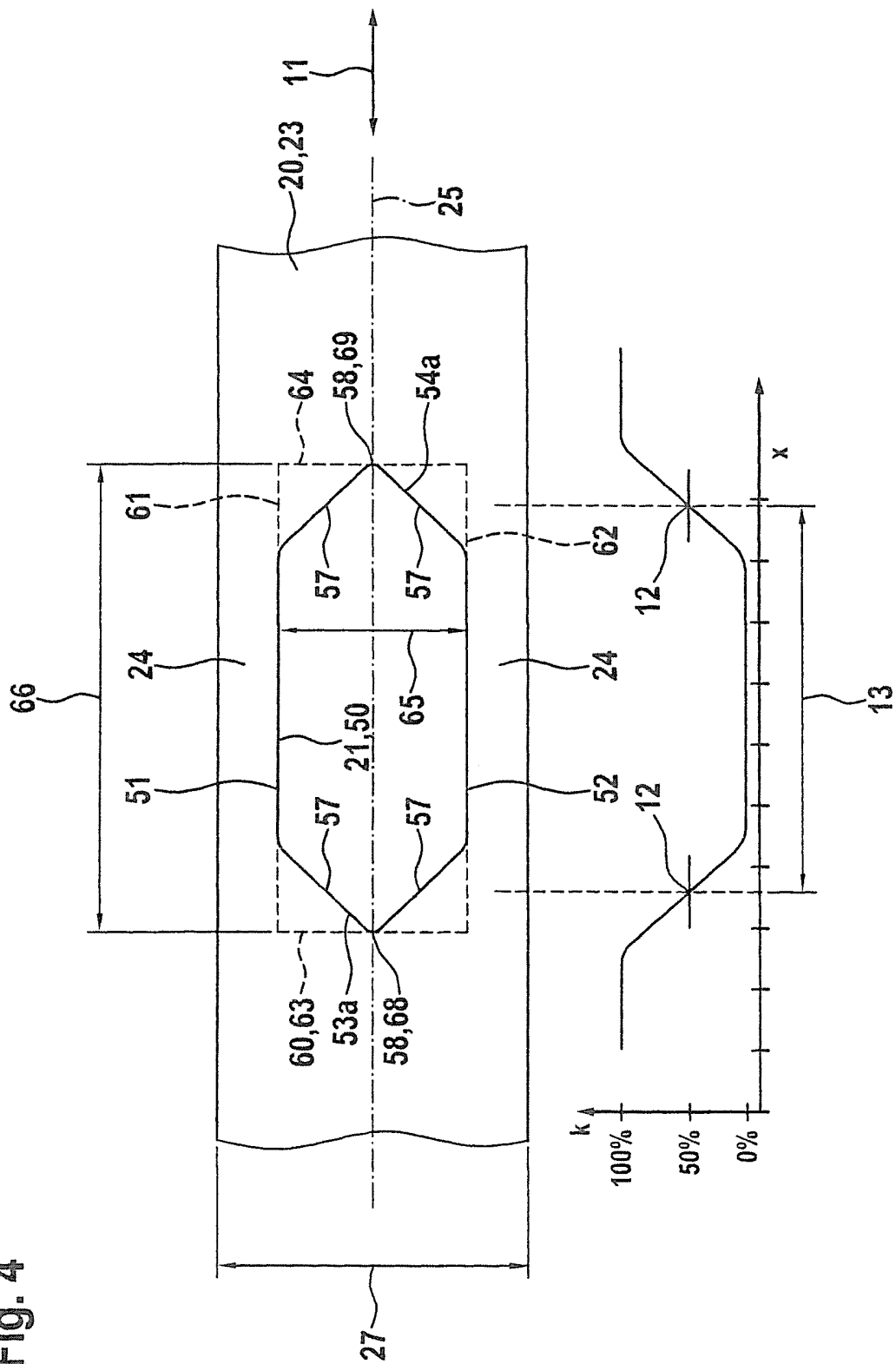


Fig. 5

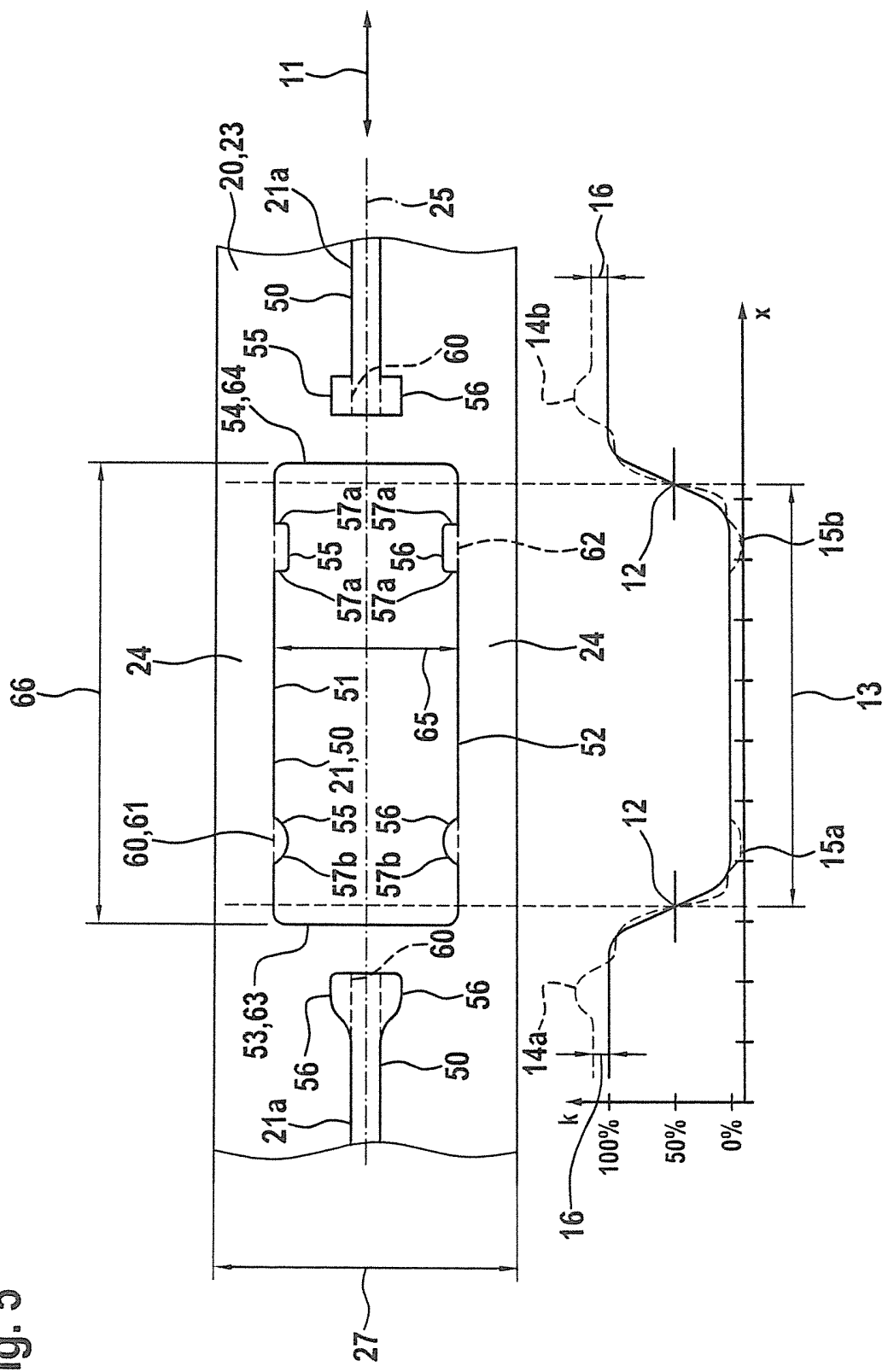


Fig. 6

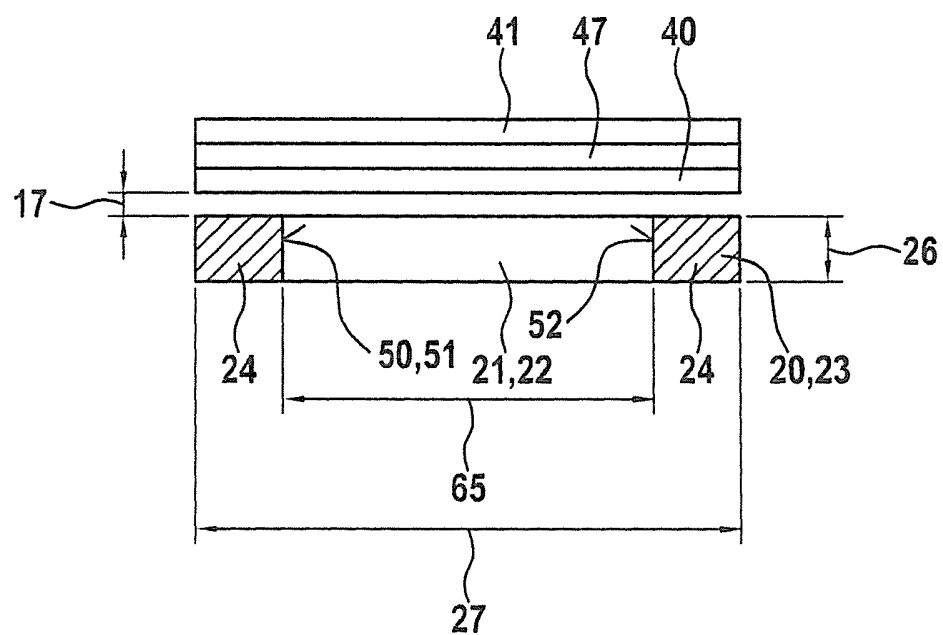


Fig. 7

