PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : G06K 7/10, G01S 13/02

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 93/13495

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. Juli 1993 (08.07.93)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE92/01075

(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Dezember 1992 (21.12.92)

(30) Prioritätsdaten:

P 42 00 076.9	3. Januar 1992 (03.01.92)	DE
P 42 17 049.4	22. Mai 1992 (22.05.92)	DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE).

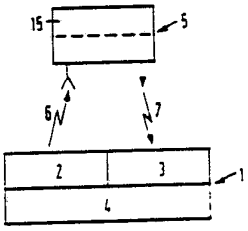
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US) :* REINDL, Leonhard [DE/DE]; Sonnenstraße 14, D-8201 Prutting (DE). MÜLLER, Folkhard [DE/DE]; Schwanthalerstraße 127, D-8000 München 2 (DE). RUPPEL, Clemens [DE/DE]; Geibelstraße 13, D-8000 München 80 (DE). BULST, Wolf-Eckhart [DE/DE]; Hermann-Pünder-Straße 15, D-8000 München 83 (DE). SEIFERT, Franz [AT/AT]; Neuwaldeggerstraße 47, A-01170 Wien (AT).

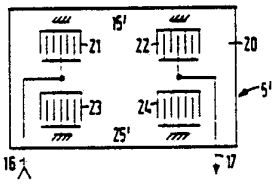
(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, FI, JP, KR, NO, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

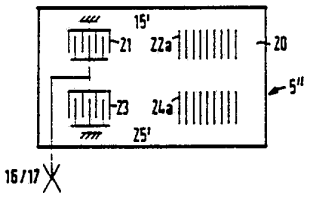
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: PASSIVE SURFACE WAVE SENSOR WHICH CAN BE WIRELESSLY INTERROGATED

(54) Bezeichnung: PASSIVER OBERFLÄCHENWELLEN-SENSOR, DER DRAHTLOS ABFRABGAR IST







(57) Abstract

A passive surface wave sensor for obtaining measurement values in which the measurement value is transmitted by radio from the remote point of measurement to an interrogation device (1) which transmits energy by radio to the sensor component (5, 15) as an interrogation pulse. The surface wave sensor of the invention is suitable for contactless measurement value collection. In this sensor a surface wave arrangement is the sensor component and there is a surface wave reference component for phase discrimination and/or propagation time measurement. As a further embodiment there is a sensor operated by chirped transmission signals with chirped reflectors in which there is a reference function in the arrangement replacing the reference component. An embodiment of the sensor with a chirp function has the property of an immanent temperature-compensated sensor (Fig. 12, 13) for measuring physical or similar quantities elsewhere.

(57) Zusammenfassung

Passiver Oberflächenwellen-Sensor zur Meßwertermittlung, bei dem der Meßwert vom entfernten Meßort über Funk an ein Abfragegerät (1) übermittelt wird, das dem Sensorelement (5, 15) als Abfrageimpuls über Funk Energie übermittelt. Der erfindungsgemäße Oberflächenwellen-Sensor eignet sich zur berührungslosen Meßwerterfassung, wobei eine Oberflächenwellen-Anordnung das Sensorelement ist und ein Oberflächenwellen-Referenzelement für Phasendiskrimination und/oder Laufzeitmessung vorgesehen ist. Als Weiterbildung ist ein mit gechirpten Sendesignalen betriebener Sensor mit gechirpten Reflektoren angegeben bei dem eine das Referenzelement ersetzende Referenzfunktion in der Anordnung vorliegt. Eine Ausgestaltung eines Sensors mit gechirpter Funktion hat die Eigenschaft eines immanent temperaturkompensierten Sensors (Figur 12, 13) zur Messung anderweitiger physikalischer oder dgl. Größen.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich
AU	Australien
BB	Barbados
BE	Belgien
BF	Burkina Faso
BG	Bulgarien
BJ	Benin
BR	Brasilien
CA	Kanada
CF	Zentrale Afrikanische Republik
CG	Kongo
CH	Schweiz
CI	Côte d'Ivoire
CM	Kamerun
CS	Tschechoslowakei
CZ	Tschechischen Republik
DE	Deutschland
DK	Dänemark
ES	Spanien
FI	Finnland
FR	Frankreich
GA	Gabon
GB	Vereinigtes Königreich
GN	Guinea
GR	Griechenland
HU	Ungarn
IE	Irland
IT	Italien
JP	Japan
KP	Demokratische Volksrepublik Korea
KR	Republik Korea
KZ	Kasachstan
LI	Liechtenstein
LK	Sri Lanka
LU	Luxemburg
MC	Monaco
MG	Madagaskar
ML	Mali
MN	Mongolei
MR	Mauritanien
MW	Malawi
NL	Niederlande
NO	Norwegen
NZ	Neuseeland
PL	Polen
PT	Portugal
RO	Rumänien
RU	Russische Föderation
SD	Sudan
SE	Schweden
SK	Slowakischen Republik
SN	Senegal
SU	Soviet Union
TD	Tschad
TG	Togo
UA	Ukraine
US	Vereinigte Staaten von Amerika
VN	Vietnam

Passiver Oberflächenwellen-Sensor, der drahtlos abfragbar ist.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen passiven Sensor, der nach dem Prinzip akustischer Oberflächenwellen-Anordnungen arbeitet und dessen Sensorsignale über Funk abgefragt werden können.

In vielen technischen Anwendungsfällen ist es wichtig, interessierende Meßgrößen auf drahtlosem Wege und aus einer gewissen Entfernung verfügbar machen zu können, und zwar so, daß das eigentliche verwendete Sensorelement passiv arbeitet, das heißt keiner eigenen Energiequelle bzw. Stromversorgung bedarf. Zum Beispiel interessiert es, die Temperatur der Radlager und/oder der Bremsklötze an einem vorbeifahrenden Zug überwachen bzw. messen zu können. Ein anderer Anwendungsfall ist, das Drehmoment einer rotierenden Welle einer Maschine zu messen. Ein noch anderer, großer Anwendungsbereich liegt in der Medizin und in der Chemie, zum Beispiel den Sauerstoffpartialdruck im Blut eines lebenden Organismus festzustellen oder insbesondere im Bereich des Umweltschutzes Konzentrationen von Lösungsmitteln in Luft und/oder Wasser bereits aus der Ferne erfassen zu können, um solche z.B. in einer Gefahrenzone gewonnenen Meßdaten dann am gefahrlosen entfernten Ort vorliegen zu haben und zu verarbeiten.

Bisher beschrittene Lösungswege sind, aktive Sensoren zu verwenden, die mit Batterie gespeist sind und telemetrisch abgefragt werden bzw. dauernd senden, oder die Überwachung mittels einer Fernsehkamera auf optischem Wege durchzuführen.

Seit nahezu zwei Jahrzehnten sind Oberflächenwellen-Anordnungen bekannt, bei denen es sich um elektronisch-akustische Bauelemente handelt, die aus einem Substrat mit zumindest in Teilbereichen der Oberfläche piezoelektrischer Eigenschaft und aus auf bzw. in dieser Oberfläche befindlichen Finger-Elektrodenstrukturen bestehen. In der erwähnten Oberfläche werden durch elektrische Anregung, ausgehend von einem elektroakustischen (Eingangs-) Interdigitalwandler, akustische Wellen erzeugt. Diese akustischen Wellen verlaufen in dieser Oberfläche und erzeugen in einem weiteren (Ausgangs-) Wandler aus der akustischen Welle wieder ein elektrisches Signal. Wesentlich bei diesen Bauelementen ist, daß durch Wahl der Struktur der Wandler und gegebenenfalls weiterer auf der Oberfläche angeordneter Strukturen eine Signalverarbeitung des in den Eingangswandler eingegebenen elektrischen Signals in ein Ausgangswandler-Signal durchführbar ist. Eingangswandler und Ausgangswandler können auch ein und dieselbe Wandlerstruktur sein. Es kann ein z. B. breitbandiges Hochfrequzenzsignal dem Eingang zugeführt werden und am Ausgang ist ein dagegen zeitselektives, pulskomprimiertes Signal verfügbar, dessen zeitliche Lage ein vorgebbares, von (Meßwert-) Parametern abhängiges Charakteristikum der betreffenden Oberflächenwellen-Anordnung ist.

Auf der Basis von akustischen Oberflächenwellen-Anordnungen arbeiten seit Jahrzehnten Identifizierungsmarken (ID-Tags) (US-A-3273146, US-A-4725841), die über Funk die Anwesenheit bzw. Identität von Gegenständen bzw. Personen festzustellen ermöglichen und die passiv arbeiten. Dabei spielt es eine Rolle, daß in einer solchen Oberflächenwellen-Anordnung aufgrund des kräftigen piezoelektrischen Effekts des Substrats das Abfragesignal zwischengespeichert werden kann und somit keine weitere Stromversorgung der Identifizierungsmarke notwendig ist. Ein von einem Abfra-

gegerät ausgesandter elektromagnetischer Hochfrequenz-Abfrageimpuls wird von der Antenne der Oberflächenwellen-Identifizierungsmarke, das heißt des ID-Tags, aufgefangen.

Mittels des als Eingang betriebenen elektroakustischen Interdigitalwandlers der Oberflächenwellen-Anordnung wird in dieser eine akustische Oberflächenwelle erzeugt. Durch an jeweilige Vorgabe angepaßt gewählte Strukturen der Oberflächenwellen-Anordnung, wobei diese Vorgabe ganz individuell gegeben werden kann, wird die in der Anordnung erzeugte Oberflächenwelle moduliert und am Ausgang wird ein dementsprechend moduliertes elektromagnetisches Signal zurückgewonnen. Über die Antenne der Anordnung läßt sich dieses Signal auch in der Entfernung empfangen. Die Oberflächenwellen-Anordnung antwortet somit auf den oben erwähnten Abfrageimpuls in einer für die Anordnung fest vorgegebenen (Grund-) Verzögerung mit einem (individuellen) Hochfrequenz-Identifizierungs-Codewort, das über Funk im betreffenden Abfragegerät auszuwerten ist. Eine solche Anordnung ist zum Beispiel in dem oben an erster Stelle genannten US-Patent aus dem Jahre 1966 beschrieben.

Ganz unabhängig davon ist schon seit ebenfalls mehr als einem Jahrzehnt bekannt, auf der Basis akustischer Oberflächenwellen-Anordnungen arbeitende Sensoren als zum Beispiel Thermometer, Drucksensor, Beschleunigungsmesser, Chemo- oder Biosensor usw. zu verwenden. Beispiele hierfür sind in den Druckschriften "IEEE Ultrasonic Symp. Proc. (1975) pp. 519-522; Proc. IEEE, vol. 64 (1976) pp. 754-756 und EP-0361729 (1988) beschrieben. Diese bekannten Anordnungen arbeiten auf dem Prinzip eines Oszillators, das sich von der Arbeitsweise der ID-Tags wesentlich unterscheidet und sie benötigen als aktive Anordnungen auch eine eigene Stromversorgung.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Prinzip für Sensoren mit passiv arbeitenden, das heißt keine eigene Stromversorgung erfordernden Sensorelementen anzugeben, die über Funk abgefragt bzw. aus der Ferne berührungslos abgelesen werden können. Insbesondere geht es auch darum, eine zweckmäßige Referenz für einen Vergleich zu haben und/oder Unabhängigkeit von unerwünschten Einflüssen; zum Beispiel Temperaturunabhängigkeit beim Detektieren und Messen anderer Größen als die der Temperatur zu erreichen.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst und Weiterbildungen gehen aus den Unteransprüchen und insbesondere Anspruch 24 und folgenden hervor.

Ein Realisierungsprinzip für einen erfindungsgemäßen passiven Oberflächenwellen-Sensor ist, für diesen Sensor (im Regelfall) wenigstens zwei Oberflächenwellen-Anordnungen vorzusehen, von denen die eine solche Anordnung als Referenzelement arbeitet und die andere Anordnung, bzw. mehrere andere Anordnungen, die Funktion des jeweiligen Sensorelementes haben. Diese Sensorelemente liefern an ihrem (jeweiligen) als Ausgang arbeitenden Interdigitalwandler ein Ausgangssignal, das entsprechend der zu messenden Meßgröße gegenüber dem Eingangssignal dieses Sensorelements identifizierbar verändert ist. Gemessen werden können solche Meßgrößen, die die Geschwindigkeit bzw. die Laufzeit der akustischen Welle in der Oberflächenwellen-Anordnung beeinflussen. Dieses Eingangssignal ist ein vom entfernt angeordneten Abfragegerät über Funk ausgesandtes Hochfrequenzsignal, das dem als Eingang arbeitenden Eingangswandler des Sensorelements zugeführt wird. Dieses Hochfrequenzsignal wird aber auch dem Eingang des zugehörigen Referenzelementes zugeführt, in dem eine dem Sensorelement entsprechende Signalverarbeitung erfolgt und von dem ebenfalls ein Ausgangssignal abgegeben wird. Dieses

Ausgangssignal ist aber nicht (wesentlich) oder in nur bekannter Weise durch physikalische oder chemische Effekte/Einwirkung der vom Sensorelement festzustellenden Meßgröße beeinflußt und ist somit ein verwendbarer Referenzwert.

Aus dem Vergleich des Ausgangssignals dieses Referenzelementes mit dem Ausgangssignal des zugehörigen Sensorelementes bzw. mit dem jeweiligen Ausgangssignal der mehreren zugehörigen Sensorelemente des erfindungsgemäßen passiven Oberflächenwellen-Sensors gewinnt man zum Beispiel noch an dem Meßort ein Meßwertsignal. Vorzugsweise ist diese Signalverarbeitung ein Phasen-und/oder Laufzeitvergleich oder Frequenzvergleich. Diese Arbeitsweise ist ohne relevante äußere Energiezufuhr im erfindungsgemäßen passiven Oberflächenwellen-Sensor, genauer dessen Sensorelement, möglich. Die für die Übermittlung des Meßwertes notwendige Sendeenergie steht nämlich bei der Erfindung wie bei einer oben beschriebenen Identifizierungsmarke aus der Energie des Abfrageimpulses zur Verfügung.

Der Phasen- und/oder Laufzeitvergleich muß aber nicht unbedingt am Ort des Sensorelementes bzw. am Meßort erfolgen. Sensorelement und Referenzelement können somit vorteilhafter Weise auch räumlich voneinander getrennt angeordnet und lediglich über Funk miteinander funktionell verbunden sein. Der Grund dafür ist, daß gegenüber der Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Welle in einer Oberflächenwellen-Anordnung die elektromagnetische Ausbreitungsgeschwindigkeit etwa 10^5 mal größer ist. Der Phasen- bzw. Laufzeitfehler ist also bei einer solchen getrennten Anordnung im Regelfall vernachlässigbar klein. Im übrigen kann bei bekanntem Abstand zwischen Sensorelement und Referenzelement auch ein entsprechender meßtechnischer Vorhalt vorgesehen sein.

Diese zuletzt beschriebene räumlich getrennte Anordnung ist zum Beispiel in dem Fall von besonderem Vorteil, wenn eine Vielzahl von Meßstellen an einem gemeinsamen Ort abgefragt werden sollen. Ein dies erläuterndes Beispiel ist zum Beispiel die Messung der Temperatur der Bremsklötze und/oder Radlager eines an einem vorgegebenen Ort vorbeifahrenden Eisenbahnzuges. Jedem Bremsklotz bzw. Radlager ist ein Oberflächenwellen-Sensorelement funktionell und räumlich zugeordnet. Das Referenzelement befindet sich in dem Abfrage- und Auswertegerät an einem vorgegebenen Ort entlang des Schienenstranges, auf dem der Zug vorbeifährt.

Im Regelfall werden die Abfrageeinheit einerseits und die Empfangs- und Auswerteeinheit andererseits räumlich miteinander vereinigt angeordnet sein.

Ein ebenfalls zur Erfindung gehörendes Lösungsprinzip besteht darin, anstelle eines wie vorangehend beschriebenen "explizit" vorgesehenen Referenzelementes, die Referenzfunktion "implizit", in das Lösungsprinzip integriert zu haben. Hier vorerst nur mit wenigen Worten ausgeführt, die Detailbeschreibung folgt weiter unten, besteht diese Variante des generellen erfindungsgemäßen Lösungsprinzips darin, daß wiederum wenigstens zwei als Oberflächenwellenstrukturen ausgebildete Elemente mit sensitiver Eigenschaft vorgesehen sind, man diese aber derart "gegeneinander" wirksam werden läßt, daß eine integrale Funktionsweise beider Strukturen sowohl die Sensorfunktion (vergleichsweise der Funktion des klassischen Sensorelements) als auch die Referenzfunktion (des klassischen Referenzelementes des vorausgegangen beschriebenen Systems) umfaßt.

Eine dazu noch weitergehende Fortentwicklung der Erfindung besteht darin, eine Kombination aus Sensorelement und Re-

ferenzelement, wie sie zum eingangs beschriebenen System erläutert sind, für die Überwachung/Messung einer vorgegebenen physikalischen Größe wie zum Beispiel einer mechanischen Größe, einzusetzen, diese Elemente aber so auszuwählen und so zu betreiben, daß durch integrale Funktionsweise, ähnlich dem voranstehend erläuterten Lösungsprinzip, eine unerwünschterweise auftretende weitere physikalische Größe, die die Geschwindigkeit der akustischen Welle(-n) in der Oberflächenwellenstrukturen beeinflußt, wie z. B. der Temperatureinfluß, wegkompen siert werden kann. Auch dazu enthält die weiter unten gegebene Detailbeschreibung die weiteren Ausführungen für den Fachmann.

Die bei der Erfindung vorgesehenen passiven Signalauswertungen sind zum Beispiel eine Phasendiskrimination, eine Signalmischung, eine Frequenzmessung und dgl. Die verwendeten Oberflächenwellen-Anordnungen sind Basiselemente eines Referenzelementes und wenigstens eines Sensorelements bzw. die Elemente einer Kombination mit integral, implizit enthaltener Referenzfunktion. Es sind dies mit Oberflächenwellen arbeitende Filter. Diese Oberflächenwellenfilter können Resonatoren, Verzögerungsleitungen, auch solche dispersiver Art, phase shift keying - (PSK-) Verzögerungsleitungen und/oder Convolver sein. Insbesondere sind diese Oberflächenwellen-Anordnungen vorteilhafter Weise als verlustarme Low-Loss-Filter ausgebildet. Für das Lösungsprinzip mit integraler impliziter Referenzfunktion und auch für die Weiterbildung mit zum Beispiel Temperaturkompensation sind gechirpte Reflektor- und/oder Wandlerstrukturen geeignet.

Diese Oberflächenwellen-Anordnungen arbeiten mit Nutzung des piezoelektrischen Effekts des Substratmaterials bzw. einer auf einem Substrat befindlichen piezoelektrischen Schicht. Als piezoelektrisches Material eignen sich außer

dem besonders temperaturunabhängig frequenzstabilen Quarz vor allem aber auch solches mit hoher piezoelektrischer Kopplung, wie das Lithiumniobat, Lithiumtantalat, Lithiumtetraborat und dgl. (als Einkristall), Zinkoxid, insbesondere für Schichten, und piezoelektrische Keramik, die aber dafür erhebliche Temperaturabhängigkeit haben.

Es ist oben bereits davon gesprochen worden, daß das Referenzelement und das eine Sensorelement bzw. die mehreren Sensorelemente räumlich miteinander vereinigt angeordnet sein können. Ein Vorteil einer solchen Anordnung ist, daß die Phasen- und/oder Laufzeitauswertung und dgl. weitgehend frei von äußeren Störungen ausgeführt werden kann, bzw. äußere Störungen zum Beispiel durch geeignete Abschirmungen auf ein Minimum herabgedrückt werden können. Natürlich muß dabei dafür Sorge getragen sein, daß das Referenzelement wenigstens weitestgehend von dem physikalischen Einfluß frei ist, den die zu messende Größe ausübt, die zum Beispiel die Temperatur ist. Dazu können zum Beispiel das Referenzelement und das eine oder die mehreren Sensorelemente auf voneinander getrennten Substraten angeordnet sein und nur das jeweilige Sensorelement ist dem Einfluß der Meßgröße ausgesetzt. Für Temperaturmessungen kann zum Beispiel auch vorgesehen sein, für das Referenzelement Quarz als Substrat zu verwenden, wohingegen für das oder die Sensorelemente Lithiumniobat oder ein anderes Substratmaterial vorgesehen ist, das relativ große Temperaturabhängigkeit aufweist. Temperaturveränderungen des Quarz-Substrates des Referenzelementes wirken sich auf dessen Ausgangssignal für viele Fälle noch vernachlässigbar aus.

Es kann zur (Temperatur-) Kompensation auch vorgesehen sein, Korrekturvorgaben zu machen. Dies kann zum Beispiel dadurch erreicht werden, daß mittels eines der Sensorelemente die augenblickliche Temperatur der ganzen Oberflä-

chenwellenanordnung ermittelt wird und dieser Temperaturwert als Vorgabe für die Korrektur der Meßwerte derjenigen übrigen Sensorelemente herangezogen wird, die andere physikalische Größen messen.

Auch für das System mit integraler, impliziter Referenzfunktion oder dessen Weiterbildung mit zum Beispiel integraler Temperaturkompensation, ist die vereinigte Anordnung der Elemente zweckmäßig und in der Regel zum Erreichen hoher Genauigkeit sogar erforderlich.

Zur Steigerung der Übertragungsmöglichkeiten zwischen der erfindungsgemäßen Sensoranordnung (mit oder ohne darin enthaltenem Referenzelement) empfiehlt es sich, daß an sich bekannte Bandspreizverfahren anzuwenden und angepaßte Filter (matched filter) mit Pulskompression vorzusehen.

Für Oberflächenwellen-Anordnungen ist es bekannt, diese so zu konzipieren, daß Rayleigh-Wellen, Oberflächen-Scherwellen, Oberflächen-Leckwellen und dgl. erzeugt und ausgewertet werden.

In den Fällen, in denen von einem Abfragegerät mehrere Oberflächenwellen-Sensorelemente abgefragt werden sollen, zum Beispiel mehrere verschiedene Meßgrößen und/oder die gleiche Meßgröße an verschiedenen Orten und/oder Objekten, festgestellt werden sollen, können den einzelnen (Sensor-) Elementen vorteilhafterweise außerdem auch Identifizierungsfunktionen hinzuintegriert sein. Diese Integration kann auf einem getrennten Substratchip oder in vielen Fällen vorteilhafter Weise auch auf demselben Substratchip ausgeführt sein. Diese Identifizierungsfunktion entspricht einer solchen, wie sie bei eingangs beschriebenen ID-Marken erläutert worden ist. Eine solche Identifizierungsfunktion kann bei der Erfindung so ausgeführt sein, daß diese Identifizierungsfunktion zusätzlich in die für die Erfin-

dung vorgesehene Oberflächenwellenstruktur integriert ist oder daß zwischen Signaleingang und Signalausgang der für die Erfindung verwendeten Oberflächenwellen-Anordnung noch eine entsprechende zusätzliche (Identifizierungs-) Struktur eingefügt ist. Zum Beispiel kann dies zweckmäßiger Weise für das jeweilige Sensorelement vorgesehen sein. Bei zueinander fest zugeordnetem Sensorelement und Referenzelement kann auch das Referenzelement diese Identifizierungsfunktion enthalten. Eine andere bei der Erfindung anwendbare Maßnahme ist diejenige, die Frequenz des eigentlichen Meßsignals und diejenige des Identifizierungssignals voneinander verschieden hoch zu wählen. Mit dieser Maßnahme können solche gegenseitigen Störungen vermieden werden, die ansonsten für den Einzelfall nicht von vornherein völlig auszuschließen sind und gegebenenfalls der Berücksichtigung bedürfen. Im Funkbereich eines jeweiligen für die Erfindung vorgesehenen Abfragegerätes kann man in den Fällen, in denen mehrere erfindungsgemäße Oberflächenwellen-Sensoren (Sensorelemente) vorgesehen sind, die voneinander verschiedene Meßwerte zu liefern haben, dafür Vorkehrung treffen, daß jeder dieser erfindungsgemäßen Sensoren auf einer eigenen zugeordneten Frequenz arbeitet, erst nach einer jeweils bestimmten Grundlaufzeit (Verzögerungszeit gegenüber dem Abfrageimpuls) antwortet und/oder auf individuelle Sende-Impulsfolge angepaßt ist. Es kann auch vorgesehen sein, Sensorelemente und Antenne räumlich zu trennen und nur durch ein hochfrequenzleitendes Kabel und/oder auch durch die elektrisch leitfähige Wandung eines Behälters hindurch zu verbinden.

Es kann für mehrere erfindungsgemäße Sensoren ein und dieselbe Antenne verwendet werden. Es kann auch vorgesehen sein, die Antenne auf dem (jeweiligen) Substrat des betreffenden Oberflächenwellen-Sensors (-Sensorelementes) in integrierter Ausführung anzuordnen.

Durch Verwendung gechirpter Oberflächenwellenstrukturen, insbesondere gechirpter Reflektorstrukturen können weitere vorteilhafte Effekte mit einem Sensor des Prinzips der Erfindung erzielt werden. Zum einen ermöglicht die Verwendung gechirpter Reflektorstrukturen und/oder Wandler anstelle von ungechirpten Strukturen eine größere Sensitivität eines erfindungsgemäßen Sensors zu erzielen. Mit Verwendung daran angepaßt gechirpten Abfragesignalen ist außerdem Kompression der Antwortsignale zu erreichen, was unter anderem auch die Auswertung erleichtert. Mit einem up-chirp-Abfragesignal mit einer dazu ermittelbaren bzw. zu ermittelnden Chirprate und dazu angepaßter down-chirp-Struktur im Sensor kann sogar eine echte, d. h. eine nicht lediglich durch Kompensation erzielte Temperaturunabhängigkeit gezielt genutzt werden.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der Beschreibung zu beigefügten Figuren hervor.

Figur 1 zeigt eine Ansicht einer prinzipiellen Realisierung eines erfindungsgemäßen Oberflächenwellen-Sensors.

Die Figuren 2a und 2b zeigen integrierte Ausführungen mit einem Referenzelement und einem Sensorelement. Bei entsprechender Ausführung dieser Elemente und mit sich daraus ergebender anzuwendender Betriebsweise gibt Figur 2 auch ein Beispiel für das System mit impliziter Referenzfunktion.

Die Figuren 3a und 3b zeigen Ausführungen mit auf verschiedenen Substraten angeordnetem Referenzelement und Sensorelement.

Figur 4 zeigt eine Ausführung zur Erfindung, bei der sich das Referenzelement im Abfragegerät befindet.

Figur 5 zeigt eine Ausführungsform mit zusätzlicher Identifizierungsfunktion mit unterschiedlichen Frequenzen oder (insbesondere bei gleicher Frequenz) mit unterschiedlichen Laufzeiten von Sensor- und Identifizierungssignal.

Figur 6 zeigt ein Prinzipbild für eine Ausführung mit einem Abfragegerät und mehreren erfindungsgemäßen Oberflächenwellen-Sensoren bzw. einem Sensorarray mit mehreren Einzelsensoren, die mit unterschiedlichen Frequenzen arbeiten.

Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung mit zusätzlicher, auf dem Sensor befindlicher Einrichtung zur passiven Signalverarbeitung.

Figur 8 zeigt zur Weiterbildung der Erfindung das Prinzip des Sendens und des Empfangens mit gechirpten Signalen.

Die Figuren 9a und 9b zeigen Ausführungsformen zur Figur 8.

Figur 10 zeigt eine graphische Darstellung zum Prinzip nach Figur 8.

Fig. 10a zeigt eine graphische Darstellung, aus der die Erhöhung der Sensitivität durch Verwendung gechirpter Strukturen erkennbar ist,

Figur 11 zeigt eine weitere Ausführungsform eines zugehörigen Sensors und

Figur 12 zeigt einen temperaturkompensierten Sensor gemäß einer ersten Weiterbildung.

Figur 13 zeigt einen temperaturkompensierten Sensor gemäß einer zweiten Weiterbildung.

Die Figuren 14 und 15 zeigen Ausführungsformen mit codierten Strukturen.

Figur 1 zeigt mit 1 bezeichnet das Abfragegerät, das ein Anteil des erfindungsgemäßen passiven Oberflächenwellen-Sensors ist. Dieses Abfragegerät 1 enthält als Anteile einen Sendeteil 2, einen Empfangsteil 3 und den das Auswertegerät 4 bildenden weiteren Anteil. Mit 5 ist der eigentliche passive Sensor mit Oberflächenwellenanordnung bezeichnet. Im Betrieb besteht die Funkverbindung 6 vom Sendeteil 2 zum Sensor 5 und die Funkverbindung 7 vom Sensor 5 zum Empfangsteil 3. Die für die Funkverbindung 7 erforderliche Energie ist in dem auf dem Funkweg 6 zum

Sensor 5 übertragenen Signal enthalten. Der Sensor 5 befindet sich am Meßort und zumindest dessen Sensorelement 15, das wenigstens ein Anteil des Sensors 5 ist, ist dem zu messenden physikalischen, chemischen oder dgl. Einfluß ausgesetzt.

Figur 2a zeigt ein Oberflächenwellen-Substrat 5' mit zwei Oberflächenwellenanordnungen 15' und 25'. Die Oberflächenwellen-Interdigitalwandler 21 und 22 sind jeweilige Eingangswandler und Ausgangswandler des Sensorelementes 15'. Mit 23 und 24 sind die entsprechenden Interdigitalwandler des Referenzelementes 25' bezeichnet. Mit 16 und 17 sind die Antennen angegeben, die zum Empfang des Funksignals des Weges 6 und zur Abstrahlung des Signals des Funkweges 7 dienen. Gegebenenfalls kann es ausreichend sein, als Antenne 16 und/oder 17 lediglich eine Leiterbahn oder eine Dipolantenne auf dem Oberflächenwellen-Substrat 20 vorzusehen. Es kann aber auch eine übliche Antenne vorgesehen sein. Die Figur 2 zeigt eine integrierte Ausführung des Sensors als eine Ausführungsform des Sensors 5 der Figur 1.

Figur 2b zeigt eine der Figur 2a entsprechende Ausgestaltung mit Reflektoren 22a und 24a anstelle der Wandler 22 und 24. Hier sind die Wandler 21 und 23 Eingang und Ausgang der Oberflächenwellenanordnung dieser Figur.

Figur 3a zeigt eine Anordnung mit Sensorelement und Referenzelement am Meßort. Mit 30 ist ein Trägermaterial für das piezoelektrische Oberflächenwellen-Substrat 130 des Sensorelementes 15'' und für das piezoelektrische Oberflächenwellen-Substrat 230 des Referenzelementes 25'' bezeichnet. Die Wandlerstrukturen 21-24 können gleich denen der Ausführungsform der Figur 2 sein.

Zum Beispiel ist das Substrat 130 ein solches aus Lithium-

niobat, Lithiumtantalat und dgl. Dieses Material ist stark temperaturabhängig hinsichtlich seiner für Oberflächenwellen maßgeblichen Eigenschaften. Insbesondere kann, allerdings ganz entgegengesetzt der üblichen Praxis für Oberflächenwellenanordnungen, ein solcher Schnitt des Kristallmaterials gewählt werden, der große Temperaturabhängigkeit zeigt. Für einen Temperatursensor ist hier für das Substrat 230 des Referenzelementes zweckmäßiger Weise Quarz zu verwenden, das wenig temperaturabhängig ist.

Mit 16 und 17 sind wieder die Antennen bezeichnet.

Figur 3b zeigt eine der Figur 3a entsprechende Ausführungsform mit Reflektoren 22a und 24a wie in Figur 2b und anstelle der Wandler 22 und 24.

Die Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, bei der - wie oben als eine Möglichkeit der Realisierung der Erfindung beschrieben - das Referenzelement 25 als zusätzlicher Anteil im Abfragegerät 1' enthalten ist. Das passive Oberflächenwellen-Sensorelement mit seinem Substrat 130' ist mit 15 bezeichnet. Mit 16 und 17 bzw. 116 und 117 sind die betreffenden Antennen des Sensorelementes und des Abfragegerätes bezeichnet. Es sind Schalter 41-43 vorgesehen, die für die jeweilige Betriebsphase zu schließen sind, um den Phasen- und/oder Laufzeitvergleich zwischen (jeweiligen) Sensorelement 15 und Referenzelement 25 ausführen zu können.

Die Figur 5 zeigt eine prinzipiell der Ausführungsform der Figur 4 entsprechende erfindungsgemäße Anordnung, die aber noch zusätzlich Mittel zur Realisierung einer Identifizierungsfunktion enthält. Das Abfragegerät mit darin enthaltenem Referenzelement 25 ist wieder mit 1' bezeichnet. Mit 6 ist die Funkverbindung vom Abfragegerät 1' zum Sensor 15_1 bezeichnet. Der Sensor 15_1 umfaßt zwei Sensorelemente 115

und 115'. Das Sensorelement 115 ist auf eine erste Frequenz f_1 konzipiert. Das Sensorelement 115' enthält eine mit 26 bezeichnete Codierungsstruktur. Die Eingänge und Ausgänge der beiden Sensorelemente 115 und 115' sind bezüglich der Antenne 16 parallel geschaltet. Die Funkverbindung zum Auswertegerät 1' ist wieder mit 7 bezeichnet.

Entsprechend der Codierung liefert die akustische Wegstrecke des Sensorelementes 115' ein charakteristisches Antwortsignal. Die beiden Sensorelemente 115 und 115' können auch verschiedene Grundlaufzeit oder auch sowohl unterschiedliche Frequenz als auch verschiedene Grundlaufzeit besitzen.

Als Prinzipbild zeigt die Figur 6 eine Darstellung mit mehreren Sensorelementen 15_1, 15_2, 15_3 bis 15_N, die alle (gleichzeitig) im Funkfeld des Abfragegeräts liegen. Für jedes dieser Sensorelemente ist eine eigene Frequenz f_1, f_2, f_3 bis f_N vorgegeben. Das Abfragegerät 1, 2' enthält die zum Abfragen der Sensorelemente 15_1 ... 15_N und zur Verarbeitung der von diesen Sensorelementen empfangenen Meßwertsignale notwendigen Schaltungsanteile. Mit jedem einzelnen Sensorelement 15_1 bis 15_N kann separat je eine physikalische Größe gemessen werden.

Figur 7 zeigt eine weitere Anordnung zur Erfindung. Es ist eine Anordnung mit passiver Signalverarbeitung, zum Beispiel Auswertung mit Phasendiskrimination. Auf dem Chip bzw. Träger 30 befinden sich das Sensorelement 15 und das Referenzelement 25. Der Phasendiskriminator ist mit 11 bezeichnet und ist (ebenfalls) auf dem Träger 30 angeordnet. Die Antenne übermittelt das Diskriminatorsignal.

Nachfolgend werden weitere Einzelheiten zu dem schon weiter oben beschriebenen weiteren Lösungsprinzip mit

integrierter, impliziter Referenzfunktion der verwendeten Oberflächenwellenstrukturen bzw. -elemente, und zwar am Beispiel eines Temperatursensors, beschrieben. Dieses Lösungsprinzip ist aber keineswegs auf die Temperaturmessung beschränkt, sondern kann auch angewendet werden zur Messung von Kräften, Druckwerten, Licht, Korpuskularstrahlung, Feuchte und Gasballast. Zur Messung solcher physikalischer Größen kann zusätzlich auch eine physikalisch, chemisch und/oder biologisch aktiv wirksame Schicht vorgesehen sein, die ihrerseits auch zusätzlich signalverstärkend effektiv sein kann. Eine solche Schicht kann auf der Substratoberfläche auf vorgesehene Oberflächenwellenanordnungen aufgebracht sein.

Wie schon oben beschrieben, umfaßt das System dieses weiteren Lösungsprinzips ebenfalls Oberflächenwellen-Sensorelemente- und zugehörige Abfragegeräts mit Sendeteil, Empfangsteil und Auswerteteil. Es sind gechirpte Oberflächenwellenstrukturen im Sensor enthalten. Für ein Abfragesignal hat eine solche Struktur bekanntlich nicht nur eine bestimmte Laufzeit t, sondern innerhalb der Struktur auch einen von der Frequenz des Abfragesignals abhängigen Ort der Antwort. Sowohl Laufzeit (wie bei den bisher beschriebenen Ausführungsbeispielen) als auch dieserort sind abhängig von äußeren Einflüssen, d. h. abhängig von mit dem Sensor aus diesem Grunde detektierbaren Meßgrößen, die die Laufzeit beeinflussen. Eine solche Meßgröße ist z. B. die Temperatur des Sensors.

Von dem Abfragegerät wird ein Abfragesignal ausgesendet und von den Oberflächenwellenstruktur empfangen, das vorzugsweise gechirpt ist. Es handelt sich dabei um ein Hochfrequenzsignal, das in einer vorgegebenen Bandbreite während des Abfrage-Zeitintervalls sich von dem einen Frequenzgrenzwert zum anderen Frequenzgrenzwert verändernde

Frequenz hat. Der Begriff "chirp" ist im übrigen bekannt aus: Meinke, Gundlach "Taschenbuch der Hochfrequenztechnik", Kapitel Q 61 und L 68. Die vorgesehenen Oberflächenwellen-Elemente und der Frequenzbandbereich des Abfragesignals sind aufeinander angepaßt.

Figur 8 zeigt ein Prinzipbild einer Weiterbildung. Mit 1 ist wieder das Abfragegerät mit Sendeteil 2, Empfangsteil 3 und Auswerteteil 4 bezeichnet. Zweckmäßigerweise gleichzeitig oder aber auch nacheinander werden hier zwei Abfragesignale ausgesendet, von denen das eine ein up-chirp-Signal (steigende Frequenzmodulation) und das andere ein down-chirp-Signal (fallende Frequenzmodulation) ist. Der Sendeteil sendet also zum Beispiel gleichzeitig zwei Sendeimpulse 101 und 102 aus, von denen der eine das up-chirp-Signal und der andere das down-chirp-Signal ist. Der Sensor 5 empfängt diese beiden gechirpten Signale. Vom Sensor 5 werden zwei Antwortsignale 103 und 104 ausgesandt, die in den Empfangsteil 3 des Abfragegeräts 1 zurückgelangen.

Figur 9a zeigt als ein Beispiel eine Ausführungsform eines zu diesem Prinzip zugehörigen Sensors 5 mit einem Wandler 121 mit der Antenne 16 und mit zwei Oberflächenwellen-Reflektoranordnungen, die dem Wandler zu einer kompletten Oberflächenwellen-Anordnung zugeordnet sind und sich auf dem Substrat dieser Anordnung bzw. des Sensors 5 befinden. Wie aus der Figur 9a ersichtlich, handelt es sich um gechirpte Reflektoren mit sich über den Reflektor hinweg entsprechend ändernder Periodizität (und ändernder Streifenbreite). Ihre Anordnung bezüglich des Wandlers 121 ist so gewählt, daß bei der Reflektorstruktur 124 deren hochfrequentes Ende (down-chirp-Struktur) und bei der Reflektorstruktur 125 deren niederfrequentes Ende (up-chirp-Struktur) dem Wandler 121 zugewandt ist. Der Reflektor 124 wirkt als Kompressor für das down-chirp-Signal und der Reflektor 125 als Kompressor für das up-chirp-Signal.

Das (gleichzeitige) Aussenden der beiden gechirpten (schmalbandigen) Abfragesignale, deren jeweilige Dispersion ihrer zugehörigen Reflektorstruktur des Sensors angepaßt ist, führt in einer Anordnung wie in Figur 9a gezeigt dazu, daß über den Wandler 121 und die Antenne 16 zwei zeitlich komprimierte (breitbandige) Impulse als Antwortsignal der Oberflächenwellen-Anordnung zurückgesandt werden. Es kann auch mit Abfrageimpulsen oder nicht dispersivem Abfragesignal(-en) gearbeitet und zum Laufzeitunterschied als Sensorergebnis führender Signal-Weiterverarbeitung gearbeitet werden.

Der zeitliche Abstand der Antwortimpulse voneinander ist bei gegebener gechirpter Anordnung der Reflektorstreifen der Reflektorstrukturen 124, 125 abhängig von der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der akustischen Welle in der Oberfläche des Substratmaterials des Sensors. Ändert sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, zum Beispiel bei sich ändernder Temperatur des Substratmaterials oder durch zu messende Gasbelastung und dgl., so ändert sich der Zeitabstand der beiden genannten Impulse. Das Impulssignal, das aus dem chirp-down-Signal entstanden ist, gelangt (ab einer gewissen Mindestchirprate) nach kürzerer Zeit in das Abfragegerät 1 als ein ungechirptes Signal. Entsprechend kommt ein Impulssignal, das aus dem chirp-up-Signal entstanden ist, nach noch längerer Zeit als das ungechirpte Signal im Abfragegerät an.

Die Figur 9b zeigt eine der Figur 9a entsprechende Ausführungsform mit gechirpten Wandlern 124a und 125a anstelle der gechirpten Reflektoren 124 und 125. Diese Wandler 124a und 125a sind als Ausgang geschaltet. Es können aber auch alle drei Wandler 121, 124a und 124b parallelgeschaltet als Eingang und Ausgang genutzt sein.

Nachfolgend werden die dazugehörigen mathematischen Zusammenhänge dargelegt.

Anhand der Figur 10 wird der Zusammenhang von Laufzeitunterschied Δt, Chirprate $B/_T$ (mit T gleich der zeitlichen Länge des Chirps) und Temperaturänderung $\Delta \vartheta$ für ein Teilsystem mit positiver Chirprate $B/_T$ abgeleitet. Die Figur 10 zeigt die Augenblicksfrequenzen f der Impulsantwort des Sensors (nur das up-System) bei einer Temperatur ϑ und einer höheren Temperatur $\vartheta + \Delta\vartheta$. Das Abfragegerät 1 sendet das Abfragesignal mit der temperaturunabhängigen Mittenfrequenz f_0 aus, die bei der höheren Temperatur $\vartheta + \Delta\vartheta$ um die Zeitdifferenz Δt längere Laufzeit hat.

In Figur 10 dargestellt in der Frequenz/Zeitebene, ist der chirpunabhängige Temperatureffekt vernachlässigt, nämlich daß auch die mittlere Laufzeit t_0 durch die höhere Temperatur verlängert wird. Berücksichtigt man auch diesen Effekt, so berechnet sich die Laufzeit des Signals mit positiver Frequenzmodulation im Sensor zu

$$t_{up}^{\vartheta} = t_{up}^{0} + \frac{T}{B} \cdot f + t_{up}^{0}\ \vartheta_k \cdot \Delta\vartheta \qquad (1)$$

$$f = f_0\ \vartheta_k \cdot \Delta\vartheta$$

dabei sind

f_0 Mittenfrequenz

ϑ_k Temperaturkoeffizient des Substratmaterials

t_{up}^{0} mittlere Laufzeit für $\Delta\vartheta = 0$

ϑ Temperaturdifferenz des Sensors zu einer gewissen vorgegebenen Temperatur ϑ

Durch Einsetzen und Ausklammern ergibt sich

$$t_{up}^{\vartheta} = t_{up}^{0} + \left(\frac{T}{B} \cdot f_0 + t_{up}^{0}\right) \vartheta_k \cdot \Delta\vartheta \qquad (2)$$

An dieser Formel ist zu erkennen, daß das Chirpsystem bei $t_{up}^{0} = T$ eine um den Faktor f_0/B, d. h. um die reziproke relative Bandbreite größere Zeitverschiebung liefert, als ein ungechirptes System. Für das down-System gilt analog zum up-System.

$$t_{down}^{\vartheta} = t_{down}^{0} + \left(-\frac{T}{B} \cdot f_0 + t_{down}^{0}\right) \vartheta_k \cdot \Delta\vartheta \qquad (3)$$

und für das Gesamtsystem ergibt sich als Zeitverschiebung t_{tot} der Impulssignal, die durch Kompression aus den up- und down-Chirp-Signalen entstanden sind:

$$\Delta t_{tot}^{\vartheta} = t_{up} - t_{down} = t_{up}^{0} - t_{down}^{0} + (2\,T\,f_0/B + (t_{up}^{0} - t_{down}^{0}))\ \vartheta_k \cdot \Delta\vartheta \qquad (4)$$

Die Zeitverschiebung des Gesamtsystems, aufgrund der konstanten Grundlaufzeit, hebt sich für ein up- und ein down-System gleicher Grundlaufzeit ($t^{o}up = t^{o}down$) auf, während sich der Effekt des Chirps verdoppelt. Die Zeitdifferenz Δt_{tot} ist somit ein absolutes Maß für die aktuelle Temperatur $\vartheta + \Delta\vartheta$ des Sensors bzw. dessen Wellenausbreitungsgeschwindigkeit, da die Bezugstemperatur ϑ bekannt und fest ist. Die Bezugstemperatur ist die Temperatur in der Mitte des Meßbereichs des Sensors, und wird bei dessen Entwurf festgelegt. Durch einen angepaßt bemessenen (kleinen) Zeitunterschied $t_{up}^{0} - t_{down}^{0}$, der sich zum Beispiel in jeweils unterschiedlichem Abstand zwischen Reflektor und Wandler kann die Meßgröße Δt_{tot} für alle Temperaturen in einem vorgegebenen Meßbereich positiv eingestellt werden. Konstruktiv wird dieser (kleine)

Zeitunterschied durch einen entsprechend bemessenen Abstandsunterschied der Abstände (a-b) zwischen einerseits dem Wandler 121 und andererseits den Reflektoren 124 bzw. 125 in Figur 9a oder den Wandlern 124a und 125a in Figur 9b. Dadurch erübrigt sich eine Auswertung des Vorzeichens von Δt_{tot} im Abfragegerät.

Fig. 10a zeigt in einem Diagramm die Sensitivität des Sensors, d. h. wie sich für einen Wert der zu detektierenden, messenden Meßgröße sich ergebende Größe der Laufzeitänderung Δt in Abhängigkeit von der Chirprate T/B der dispersiven, gechirpten Struktur, die ansteigende Gerade A zeigt das Wachsen der Sensitivität einer up-chirp-Struktur mit wachsender Chirprate T/B. Für eine down-chirp-Struktur ergibt sich (zunächst) entsprechend der Geraden B eine Verringerung der Sensitivität, die nach einem Nulldurchgang negative Werte ($-\Delta t$) wachsende Werte für zunehmende Chirprate annimmt. Ersichtlich sind die Verläufe für eine up-chirp-Struktur und einer down-chirp-Struktur gegenläufig. Für zwei solche Strukturen in einem Sensor ergibt sich als Gesamtsensitivität der jeweilige gesamte Laufzeitunterschied zwischen den zwei Geraden A und B der beiden Antwortimpulse, d. h. z. B. der Abstand zwischen den beiden Punkten A1 und B1.

Figur 11 zeigt eine Variante der Ausführungsform der Figur 9a einer Oberflächenwelle anordnung für gechirpte Abfragesignale. Es sind dort die bezogen auf die Antenne hintereinander geschalteten Wandler 121 und 122 auf zwei Spuren verteilt vorgesehen. Sinngemäß können die Wandler auch parallel geschaltet sein. Die entsprechend in zwei Spuren angeordneten Reflektorstrukturen 124 und 125 haben den Aufbau und die Eigenschaften der zu Figur 9a genannten Reflektorstrukturen. Statt der Reflektorstrukturen können wie in Figur 9b auch Wandlerstrukturen vorgesehen sein.

Figur 12 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäß weitergebildeten, mit Oberflächenwellen arbeitenden Sensors. Die Anordnung der Figur 12 unterscheidet sich von der der Figur 9a darin, daß die Reflektorstruktur 126 bezogen auf die Position des Wandlers 121 so angeordnet ist, daß bei der Struktur 126 das hochfrequente Ende des gechirpten Reflektors dem Wandler 121 zugewandt ist, das heißt die beiden Reflektorstrukturen 124 und 126 spiegelsymmetrisch zum Wandler 121 ausgeführt (down-chirp-Strukturen) sind. Die Lehre zur Figur 12 (und Figur 13) kann auch mit up-chirp-Strukturen anstelle der down-chirp-Strukturen ausgeführt werden. Bei dieser Anordnung der Reflektorstrukturen gemäß Figur 12 liegt jedoch wegen der spiegelsymmetrischen Anordnung der Reflektoren ein temperaturabhängiger Zeitunterschied der Antwortimpulse nicht vor, das heißt die Anordnung nach Figur 12 ist als Sensor unabhängig davon, wie sich die Temperatur des Substrats (und der darauf befindlichen Oberflächenwellen-Strukturen) und/oder sich eine andere Einwirkung, die die Laufzeit der akustischen Welle beeinflußt, ändert. In der Ausführungsform der Figur 12 ist die dargestellte Oberflächenwellen-Anordnung, und zwar durch den Aufbau bedingt, temperaturkompensiert. Dieser Umstand der Variante der Erfindung gemäß Figur 12 ist mit großem Vorteil zur temperaturunabhängigen Messung sonstiger physikalischer, chemischer und/oder biologischer Größen nutzbar. Um eine andere Größe als die Temperatur, z. B. einen Gasballast zu messen, wird die eine der beiden Reflektorstrukturen 124, 126 mit einer auf das zu messende Gas ansprechenden Schicht versehen. Die beschichtete Reflektorstruktur (zum Beispiel 124) spricht auf die Meßgröße an, während die andere unbeschichtet gebliebene Reflektorstruktur (126) von dem Gas unbeeinflußt bleibt. Es ist hier nur ein gechirptes (Sende-) Signal erforderlich. Entsprechend erhält man auch nur ein Antwortimpuls-Signal sofern und solange sich die beiden

Reflektoren identisch verhalten. Wird jedoch einer der Reflektoren durch die Meßgröße beeinflußt, ergeben sich zwei Antwortimpulse, deren Zeitabstand der Meßgröße entspricht. Statt der Reflektorstrukturen 124 und 126 können auch Wandlerstrukturen verwendet werden.

Auch ein Sensor nach Figur 9b und 11 wird zu einem temperaturunabhängigen Sensor nach Figur 12, wenn eine der Strukturen 124, 125 oder 124a, 125a so "umgedreht" ist, daß diese Strukturen beide mit ihrem hochfrequenten Ende (down chirp) oder beide mit ihrem niederfrequenten Ende (up-chirp) dem Wandler 121 bzw. den beiden Wandlern 121 und 122 zugewandt sind.

Als Sensorelement ist diejenige Struktur 124 oder 125 wirksam, die auf die vorgegebene Meßgröße empfindlich gemacht bzw. präpariert ist. Die unpräparierte Struktur 125 oder 124 ist das Referenzelement für diese Meßgröße.

Mit Wandlern 124a und 126a erhält man einen temperaturunabhängigen (und von anderen, die Wellengeschwindigkeit beeinflussenden Größen unabhängigen) Sensor gemäß Figur 13, bei dem ebenso wie bei Fig. 12 jeweils die hochfrequenten oder die niederfrequenten Enden der gechirpten (down-chirp oder up-chirp) Wandler 124a/126a den Eingangs-/Ausgangswandlern 121, 121' zugewandt sind, die hier als Beispiel parallelgeschaltet sind, jedoch auch in Reihe geschaltet sein können. Die Wandler 124a/126a können als Ausgangs-/Eingangswandler verwendet werden. Auch in Fig. 13 ist wieder ein Abstandsunterschied a verschieden b angegeben.

Für eine Anordnung nach Fig. 12 und 13 kann es z. B. vorteilhaft sein für z. B. die dargestellten down-chirp-Strukturen angepaßtes up-chirp-Abfragesignal anzuwenden. Damit erhält man die schon oben beschriebenen komprimierten Antwortimpulse.

Ein Sensor mit spiegelsymmetrisch angeordneten Chirpstrukturen nach Fig. 12 kann aber auch gemäß einer zweiten Variante des Abfrageverfahrens durch den Sender ausgelesen werden. Es wird vom Sender ein kräftiger kurzer Impuls, etwa mit der Mittenfrequenz des Chirpbereiches, oder ein an die Struktur nicht angepaßtes Chirpsignal ausgesendet, deren Spektren den Frequenzbereich des Sensors möglichst konstant überdecken. Vom Sensor wird dann ein Chirpimpuls zeitverzögert zurückgesendet. Die Form der Einhüllenden dieses empfangenen Chirpimpulses ermöglicht die Auswertung der Meßgröße. Herrscht in der Referenzstruktur und in der präparierten Sensorstruktur die gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit der akustischen Welle, so setzen sich alle symmetrisch reflektierten akustischen Wellen der gleichen Frequenz konstruktiv interferierend im Chirpimpuls zusammen und dieser hat einen zeitlich konstanten Amplitudenverlauf. Sind jedoch die Ausbreitungsgeschwindigkeiten in der Sensorstruktur und in der Referenzstruktur voneinander verschieden, dann wechseln sich konstruktive und destruktive Interferenzen bei Durchlaufen der Augenblicksfrequenz des Chirpimpulses ab und dessen Einhüllende weist eine von der Geschwindigkeitsdifferenz der Welle in der Referenzstruktur und der Welle in der Sensorstruktur, d. h. eine der Meßgröße entsprechende abhängige Modulation auf. Beispielsweise wird eine sehr kleine Meßgröße einen nur schrägen Amplitudenverlauf aufweisen. Dagegen hat eine große Geschwindigkeitsdifferenz mehrere Modulationsperioden über die Länge des Chirpimpulses verteilt zur Folge, nämlich ähnlich stehenden Wellen auf einer Leitung.

In einer angepaßt dimensionierten und an die Antenne angepaßten Anordnung nach Figur 12 braucht im übrigen keine akustische Energie in einem Sumpf aus Dämpfungsmaterial vernichtet zu werden, da die akustischen Wellen verlustlos ihren frequenzspezifischen Laufzeiten entsprechend von den

Strukturen 124 und 126 in den Wandler 121 vollständig zurückreflektiert werden. Das ist im übrigen ein Vorteil der in-line-Anordnung mit zentral angeordnetem Wandler 121 nach Figur 12, und zwar gegenüber einer parallelen Zweispuranordnung von Referenzstruktur und Sensorstruktur.

Eine weitere Anwendungs-/Ausgestaltungsmöglichkeit des Sensors nach Fig. 12 zeigt Fig. 14, bei der die gechirpten Strukturen, d. h. die drahtlose Impulsantwort der Sensorstruktur, zusätzlich einen Erkennungscode für den jeweiligen Sensor einschließt. Es ist dies die monolithische Verbindung einer auf Interferenz beruhenden gechirpten Identifizierungsmarke mit einem Sensor nach Fig. 12 (oder auch nach Fig. 13), wie dies oben bereits in anderem Zusammenhang beschrieben ist. Die Reflektorstrukturen 127 und 128 setzen sich aus den den Code in der Impulsantwort erzeugenden Anteile 127' und 128' (reflektierend z. B. von einer unteren Bandgrenze f_u des Chirps bis zu einer dazwischenliegenden Frequenz f_Z) und einem Referenzanteil 127'' und Sensoranteil 128'' zusammen. Der Sensoranteil 128'' ist z. B. als Gasdetektor mit einer gasempfindlichen Schicht belegt. Die übrigen Anteile 127'', 128'' sind von der Frequenz f_Z bis zur oberen Bandgrenze des Chirps reflektierend. Bei Abfrage mit einem Impuls großer Frequenzbandbreite wird in der Impulsantwort ein Codebit der Amplitude 1 mit einer Momentanfrequenz f_1 erzeugt, wenn für diese Frequenz die Reflektorstrukturen 127 und 128 spiegelsymmetrisch angeordnet sind, und zwar dies durch konstruktive Interferenz. Ein Codebit der Amplitude 0 entsteht durch destruktive Interferenz bei der Frequenz f_0, wenn die beiden an den Strukturen 127' und 128' reflektierten akustischen Wellen mit einem Phasenunterschied von bei f_2 im Wandler 121 einfallen. D. h., daß für f_2 die Strukturen 127' und 128' gegenüber einer auf den Wandler bezogenen spiegelsymmetrischen Anordnung einander gegensin-

nig nach innen oder nach außen um je ein Viertel einer akustischen Wellenlänge versetzt angeordnet sind.

Der gleiche Effekt wird im übrigen erzielt, wenn bei der Frequenz f_2 die eine der beiden Reflektorstrukturanteilen 127' und 128' keine Phasenmodulation und der andere eine Phasencodierung mit dem Inkrement entsprechend einer halben akustischen Wellenlänge im Sensor hat (Fig. 15).

Auch bei der Ausführungsform der Figur 14 kommt der Vorteil der Temperaturkompensation und der im Prinzip verlustlosen Rückstrahlung der gesamten Impulsenergie zum Tragen.

Wird im Abfragegerät eine Demodulation in der Augenblicksphase der Impulsantwort des Sensors angewendet, so ist ein Sensor gemäß Figur 15 verwendbar, bei dem die gesamte Referenz-Chirpstruktur 129 eine phasencodierte Identifikationskennung mit dem Inkrement einer halben Wellenlänge einschließt, während der Sensoranteil wie die Struktur 125 in Figur 12 ausgeführt ist. Für die Gewinnung der Referenzphase wird ein mit dem Chirp mitlaufender, die Codephase integrierender Phasendetektor (Costas loop) benützt. Gegenüber dieser Referenzphase kann die Codierung als im Codetakt erfolgende schnelle Phasenänderung erkannt werden. Die Sensorgröße bewirkt ähnlich wie bei der Impulsabfrage des Sensors nach Fig. 12 eine zweistufige Modulation der Amplitude der Impulsantwort. Die zwei Stufen entsprechen der um 0 bzw. einer halben Wellenlänge versetzten Referenzphase. Damit kann diese Meßgröße des Sensors durch Abtastung des Chirpimpulses entweder während der Codetakte 1 oder während der Codetakte 0 gewonnen werden.

Eine noch weitere Weiterbildung der Erfindung läßt sich mit einer Oberflächenwellenanordnung mit down-chirp-Strukturen entsprechend den Figuren 12 und 13 ausführen.

Für die dieser Weiterbildung zugrundeliegende Lehre zum technischen Handeln sind jedoch nur down-chirp-Sturkturen verwendbar, nämlich solche, die, wie aus der Figur 10a ersichtlich, eine Sensitivität entsprechend der Geraden B mit einem Nulldurchgang haben.

Für die Anordnung nach Fig. 12 oder 13 kann ein solches Design für die gechirpten Strukturen 124 und 126 angegeben werden, daß die Chirprate B/T für jede der beiden Strukturen genau der Wert des Nulldurchgangs der Geraden B der Figur 10a ist. Mit anderen Worten heißt dies, daß der in der Klammer der Gleichung 3 stehende Multiplikant des zweiten Gliedes der Gleichung (3) gleich 0 gemacht wird, d. h.

$$B/T = t_{down}/f_0 \qquad (5)$$

Da für die down-chirp-Struktur die beiden Ausdrücke in der Klammer entgegengesetztes Vorzeichen haben, kann dieser Klammerausdruck tatsächlich für eine vorgebbare Chirprate B/T gleich 0 gemacht werden. Damit fällt aus der Gleichung 3 die Abhängigkeit von der Meßgröße heraus, die dort als Temperatur ϑ angegeben ist.

Gegenüber der obigen allgemeinen Lehre zu den Figuren 12 und 13, die auf Kompensation von zwei gegenläufigen Temperaturabhängigkeiten beruht, liegt dieser Weiterbildung der Erfindung eine durch Bemessung der Chirprate prinzipiell temperaturunabhängige Oberflächenwellenanordnung vor. Diese Anordnung ist ebenfalls nicht nur temperaturunabhängig, sondern auch invariant gegenüber anderen, die Laufzeit verändernden äußeren Einflüssen. Damit auch diese Oberflächenwellenanordnungen als (temperaturunabhängiger) Sensor verwendbar ist, ist eine zusätzliche Maßnahme vorzusehen, um dennoch eine Meß-

Für die dieser Weiterbildung zugrundeliegende Lehre zum technischen Handeln sind jedoch nur down-chirp-Sturkturen verwendbar, nämlich solche, die, wie aus der Figur 10a ersichtlich, eine Sensitivität entsprechend der Geraden B mit einem Nulldurchgang haben.

Für die Anordnung nach Fig. 12 oder 13 kann ein solches Design für die gechirpten Strukturen 124 und 126 angegeben werden, daß die Chirprate B/T für jede der beiden Strukturen genau der Wert des Nulldurchgangs der Geraden B der Figur 10a ist. Mit anderen Worten heißt dies, daß der in der Klammer der Gleichung 3 stehende Multiplikant des zweiten Gliedes der Gleichung (3) gleich 0 gemacht wird, d. h.

$$B/T = t_{down}/f_0 \qquad (5)$$

Da für die down-chirp-Struktur die beiden Ausdrücke in der Klammer entgegengesetztes Vorzeichen haben, kann dieser Klammerausdruck tatsächlich für eine vorgebbare Chirprate B/T gleich 0 gemacht werden. Damit fällt aus der Gleichung 3 die Abhängigkeit von der Meßgröße heraus, die dort als Temperatur Θ angegeben ist.

Gegenüber der obigen allgemeinen Lehre zu den Figuren 12 und 13, die auf Kompensation von zwei gegenläufigen Temperaturabhängigkeiten beruht, liegt dieser Weiterbildung der Erfindung eine durch Bemessung der Chirprate prinzipiell temperaturunabhängige Oberflächenwellenanordnung vor. Diese Anordnung ist ebenfalls nicht nur temperaturunabhängig, sondern auch invariant gegenüber anderen, die Laufzeit verändernden äußeren Einflüssen. Damit auch diese Oberflächenwellenanordnungen als (temperaturunabhängiger) Sensor verwendbar ist, ist eine zusätzliche Maßnahme vorzusehen, um dennoch eine Meß-

Patentansprüche

1. Mit Oberflächenwellen arbeitende Vorrichtung als Sensor für Meßgrößen und zur Identifizierung

- wobei der Meßwert über Funk abgelesen werden kann,

- mit Oberflächenwellenwandler und

- mit wenigstens zwei Oberflächenwellenelementen (15, 25; 124, 125; 124, 126; 127, 128), die die Sensorfunktion und eine Referenzfunktion ausführen und auf (jeweils) einem Substrat angeordnet sind, sowie

- mit einem Abfragegerät (1) mit Sendeteil (2), Empfangsteil (3) und Auswerteteil (4).

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

- mit wenigstens einem Oberflächenwellen-Sensorelement (15; 15_1 ... 15_N) für die Sensorfunktion und

- mit einem Oberflächenwellen-Referenzelement (25) für die Referenzfunktion.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2

- bei dem die Oberflächenwellenelemente (15, 25; 124, 125; 124, 126) räumlich vereinigt angeordnet und

- für die Funkübertragung zwischen Auswertegerät (1) und Sensor (5) Antennen (16, 17) vorgesehen sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
mit auf einem Träger (30) angeordneten Substraten (130, 230) für jeweils das Sensorelement (15'') und das Referenzelement (25'').

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
mit Substraten (130, 230) aus für das (jeweilige) Sensorelement einerseits und für das Referenzelement andererseits voneinander verschiedenen piezoelektrischen Materialien.

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 4,
bei dem auf dem Träger (30) wenigstens ein Sensorelement (15), ein Referenzelement (25) und eine passiv arbeitende Signalvorverarbeitungs-Einrichtung vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1,
mit einem Referenzelement (25), das vom Sensorelement (15) entfernt im Abfragegerät (1') angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
mit zusätzlicher Identifizierungsfunktion.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit in der Oberflächenwellenstruktur des Sensorelements integrierter Identifizierungsfunktion.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit in die Oberflächenwellenstruktur des Sensorelementes zusätzlich eingefügter Identifizierungsstruktur.

11. Vorrichtung nach Anspruch 8, 9 oder 10,
mit unterschiedlichen Frequenzen (f_1, f_2) für Meßwertsignal und für Identifizierungssignal.

12. Vorrichtung nach Anspruch 8,
mit fester Zuordnung von Sensorelement und Referenzelement zueinander und mit im Referenzelement integrierter/eingefügter Identifizierungsfunktion.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

bei dem eine Mehrzahl Sensorelemente (15_1 ... 15_N) vorgesehen ist, die in Funkverbindung mit dem Abfragegerät (1'') sind, wobei für die einzelnen Sensorelemente unterschiedliche Ausgangssignal-Frequenzen (f_1 ... f_N) vorgesehen sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem eine Mehrzahl von Sensorelementen (15_1 ... 15_N) vorgesehen ist, die in Funkverbindung mit dem Abfragegerät (1'') sind, wobei zur Unterscheidung unterschiedliche Grundlaufzeiten vorgesehen sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem zur Signalauswertung Phasendiskrimination vorgesehen ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem zur Signalauswertung Signalmischung vorgesehen ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem zur Signalauswertung Laufzeitvergleich vorgesehen ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem zur Signalauswertung Frequenzvergleich vorgesehen ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem im Abfragegerät (1) Bandspreizung vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem im Abfragegerät (1) matched Filter mit Pulskompression vorgesehen sind.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen Oberflächenwellen-Resonatoren (124, 125, 126, 127, 128, 129) vorgesehen sind.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen Oberflächenwellen-Wandler (124a, 125a, 126a) vorgesehen sind.

23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei denen als Sensor-/Reflektor-Oberflächenwellenstrukturen-Oberflächenwellen-Verzögerungsleitungen vorgesehen sind.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, bei denen als Sensor-/Referenz-Oberflächenwellenstrukturen dispersive/PSK-Oberflächenwellen-Verzögerungsleitungen vorgesehen sind.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, bei denen Low Loss-Filter-Oberflächenwellen-Anordnungen vorgesehen sind.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 25, mit gechirpten Oberflächenwellenstrukturen (124, 125; 124, 126; 127, 128; 125, 129) für Sensor- und Referenzfunktion.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, mit auf den (die) (Eingangs-)Wandler (121, 121') bezogen nicht-spiegelsymmetrischen Oberflächenwellenstrukturen (up-chirp-Struktur und down-chirp-Struktur) (124, 125).

28. Vorrichtung nach Anspruch 26, mit auf den (die) (Eingangs-)Wandler (121, 121') bezogen spiegelsymmetrischen Oberflächenwellenstrukturen (up-chirp- oder down-chirp-Strukturen) (124, 126; 127, 128; 125, 129).

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, bei der diese chirp-Strukturen dieselbe Chirprate B/T aufweisen.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, bei der diese Oberflächenwellenstrukturen (Fig. 9, 11, 13) vom (Eingangs-)Wandler in voneinander verschiedenen Abständen (a verschieden b) angeordnet sind.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 30, bei der eine der Oberflächenwellenstrukturen für Sensitivität gegenüber der vorgegebenen Meß-/Detektionsgröße zusätzlich präpariert ist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 28 bis 30, bei der eine der spiegelsymmetrisch angeordneten Oberflächenwellenstrukturen als Sensorelement für Sensitivität gegenüber der vorgegebenen Meß-/Detektionsgröße (Temperatur, Gas,...) zusätzlich präpariert ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 31 oder 32, bei der die Sensor-Oberflächenwellenstruktur eine gassensitive Beschichtung aufweist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 33, bei der gechirpte Oberflächenwellenstrukturen (127, 128; 129) mit wenigstens anteilweise zusätzlicher Identifizierungs-Kodierung vorgesehen sind.

35. Vorrichtung nach Anspruch 34, mit Fingerverschiebung in der kodierten Oberflächenwellenstruktur (127, 128, 129).

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 35, bei der (Eingangs-)Wandler (121) und die Oberflächenwellen-

strukturen (124, 125; 124, 126; 127, 128; 125, 129) als in-line Anordnung aufgebaut sind.

37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 36, bei die Wandler (121, 121') und die Oberflächenwellenstrukturen (124a, 125a; 124a, 126a) auf parallele Spuren verteilt angeordnet sind.

38. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 oder 27 oder 29 bis 37, mit einem up-chirp- und mit einem down-chirp-Abfragesignal.

39. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 oder 28 bis 37, mit einem an die Chirprate der Oberflächenwellenstrukturen angepaßte (matched) Chirprate (z. B. up-chirp-Signal für down-chirp-Struktur; dieselbe Chirprate).

40. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 37), mit einem kurzen Abfrageimpuls.

41. Betrieb einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 37, mit einem nicht-angepaßten gechirpten Abfragesignal.

42. Betrieb nach Anspruch 40 oder 41, mit Einhüllendendetektion der Signalantwort.

FIG 1

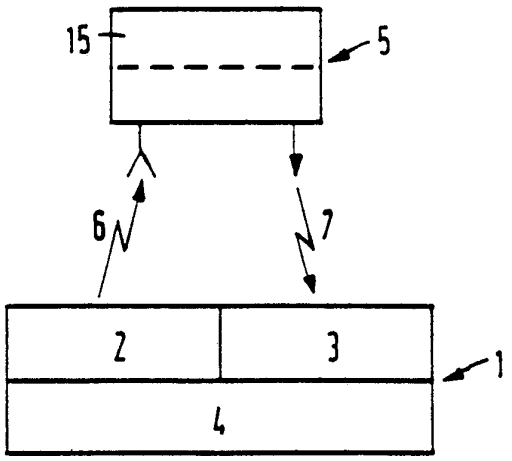


FIG 2a

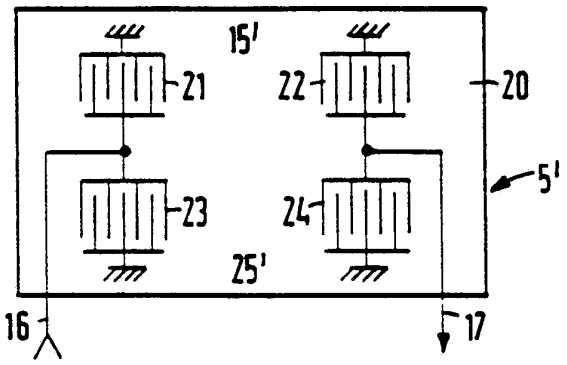


FIG 2b

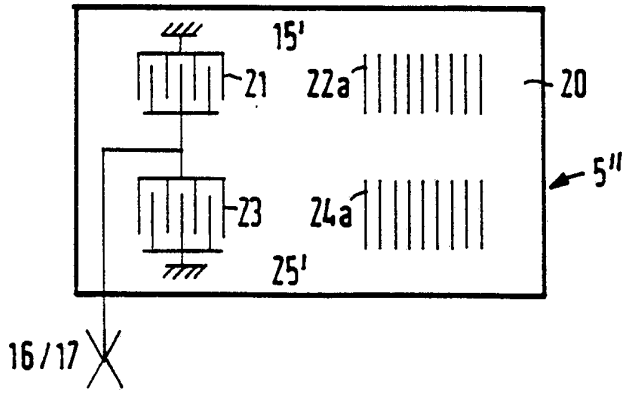


FIG 3a

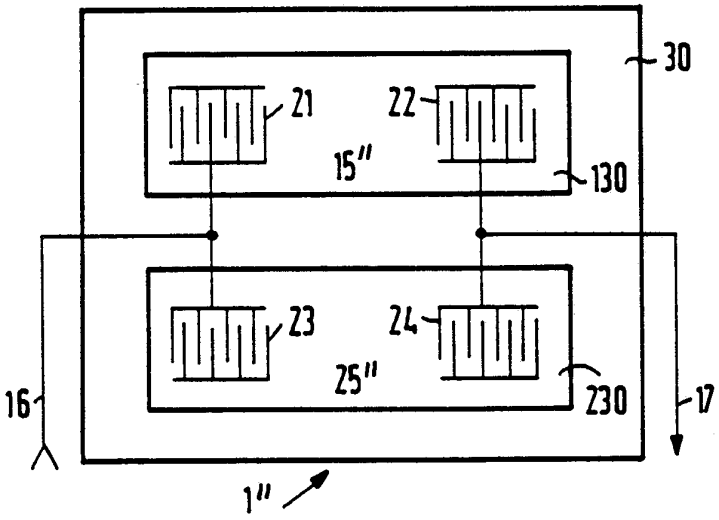

30
Z1
Z2
15''
130
Z3
Z4
25''
Z30
16
17
1''

FIG 3b

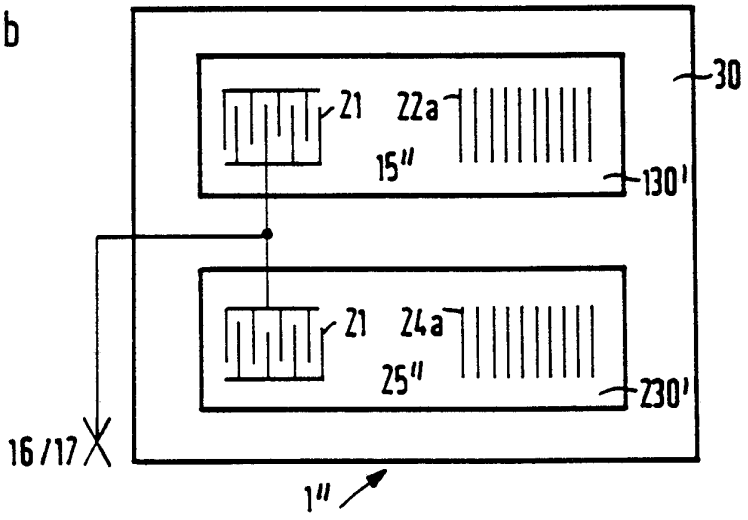

30
Z1
Z2a
15''
130'
Z1
Z4a
25''
Z30'
16/17
1''

FIG 4

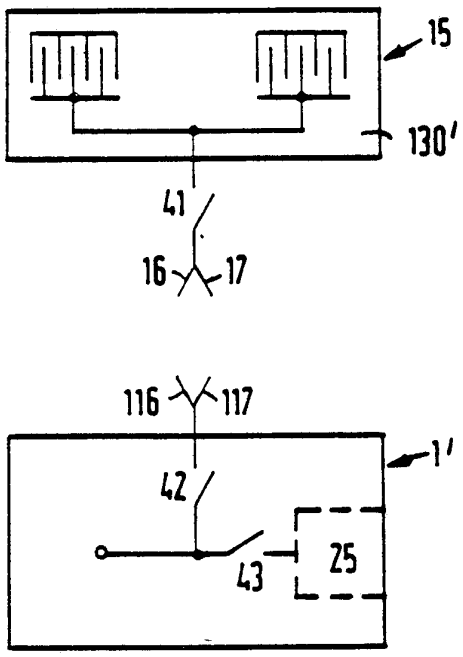

15
130'
41
16
17
116
117
1'
42
43
25

FIG 5

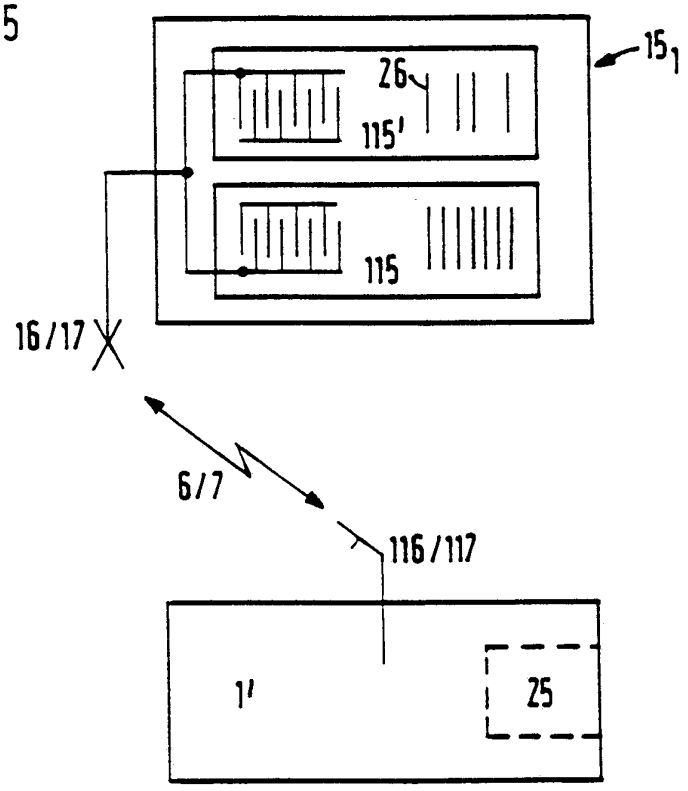

15'1
26
115'
115
16/17
6/7
116/117
1'
25

FIG 6

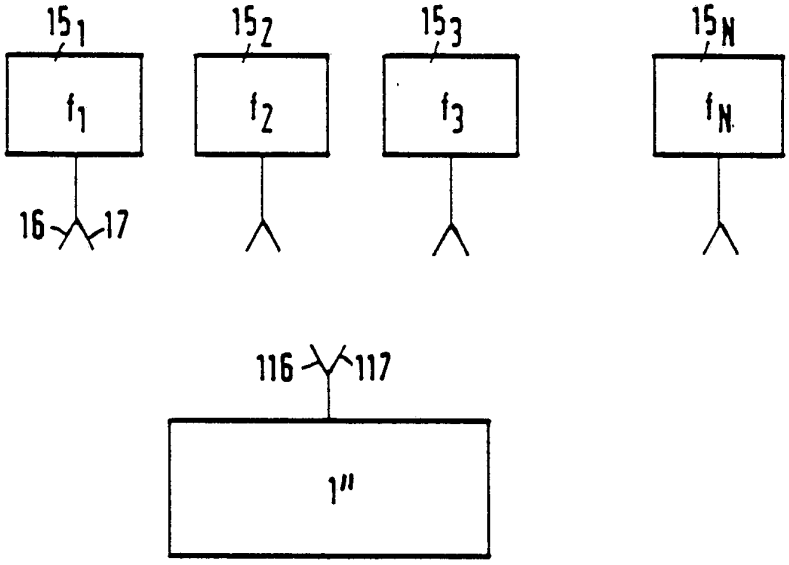


FIG 7

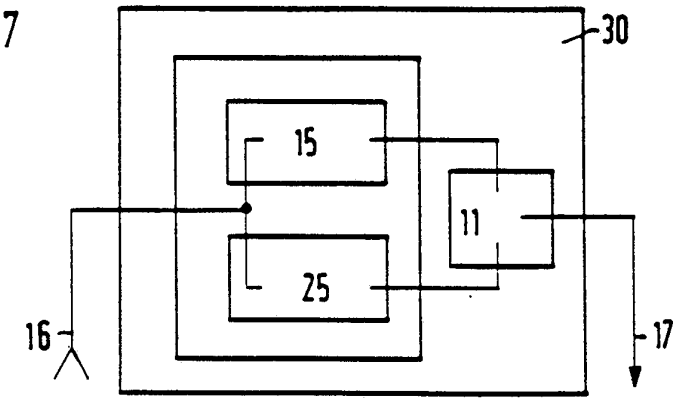


FIG 8

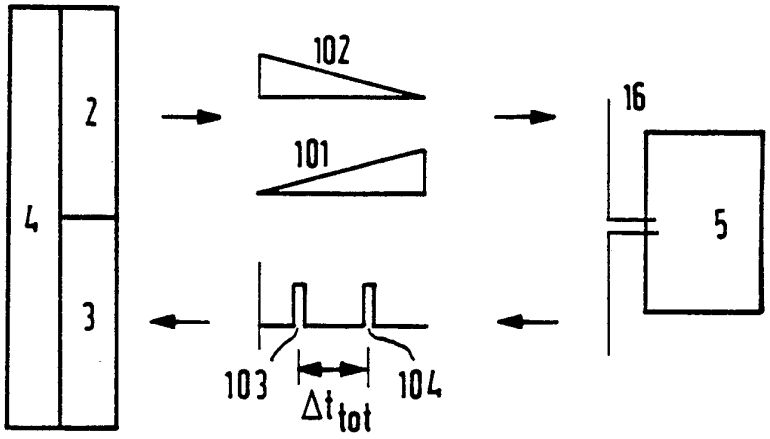


FIG 9a

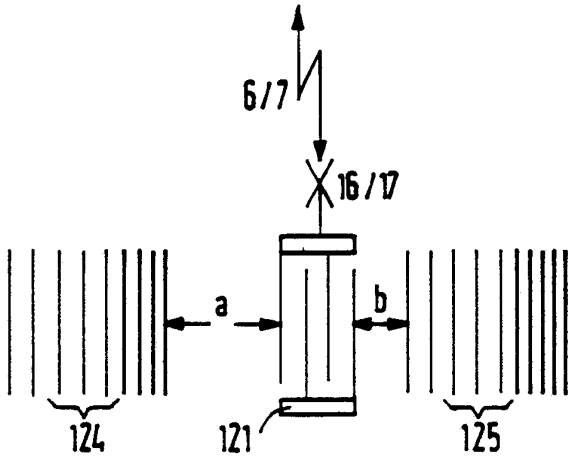


FIG 9b

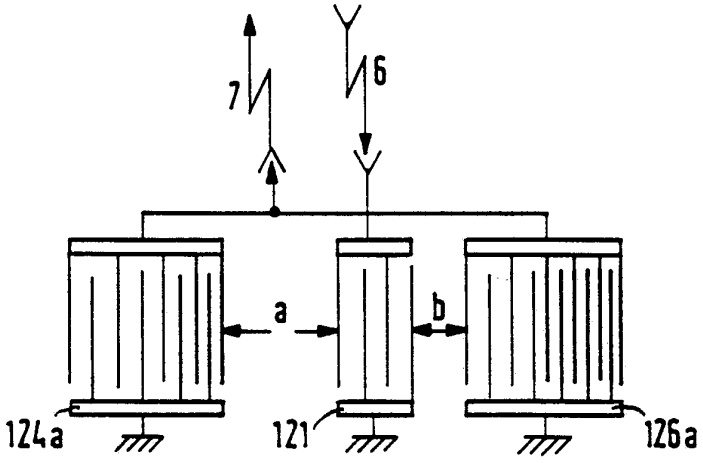


FIG 10

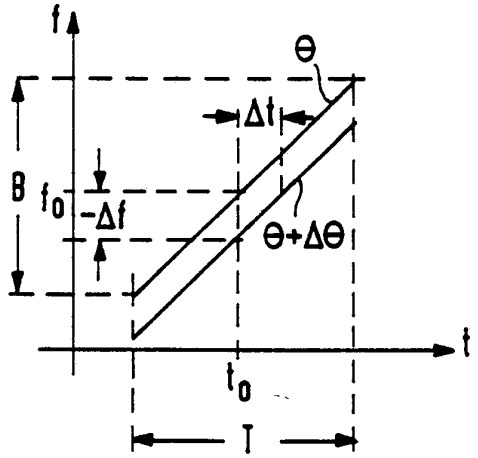


FIG 10a

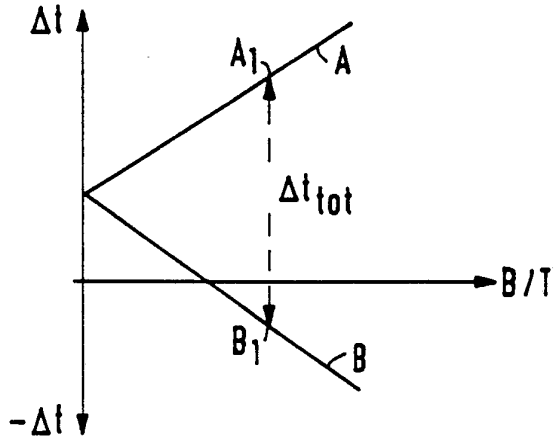


FIG 11

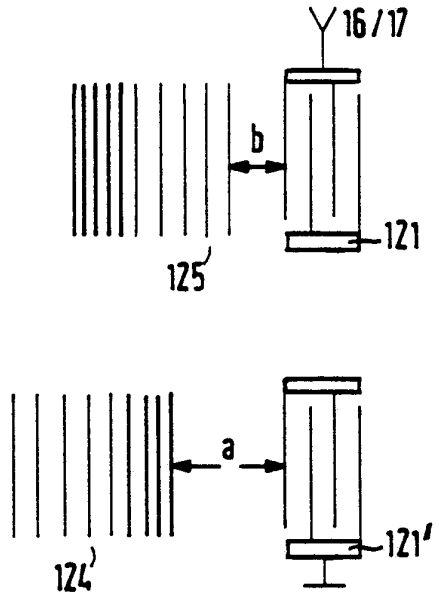


FIG 12

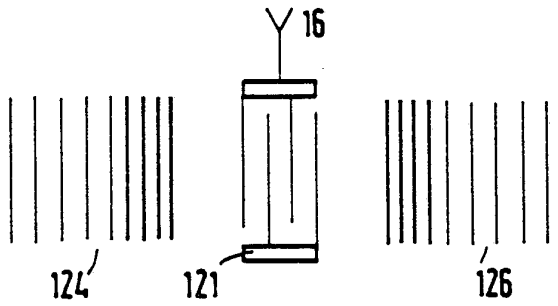


FIG 13

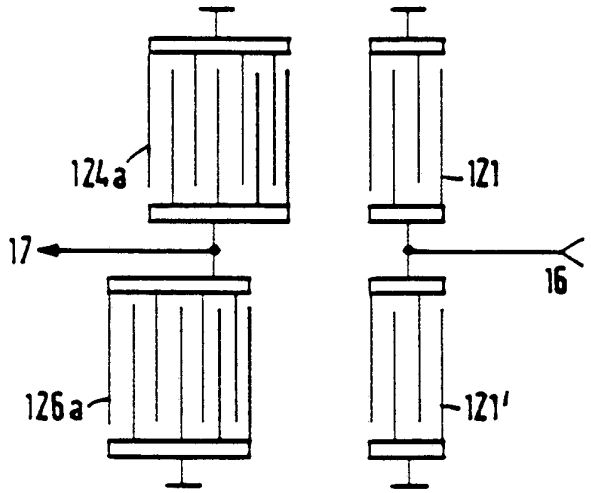


FIG 14

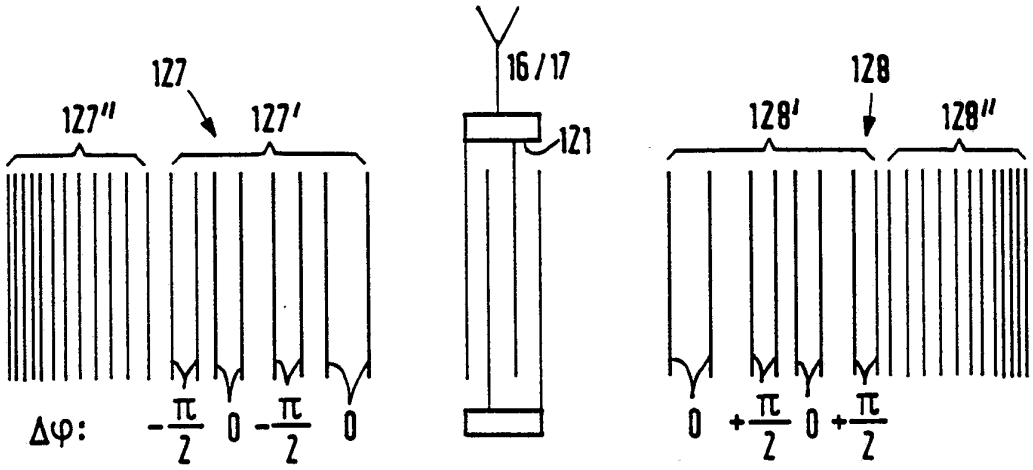
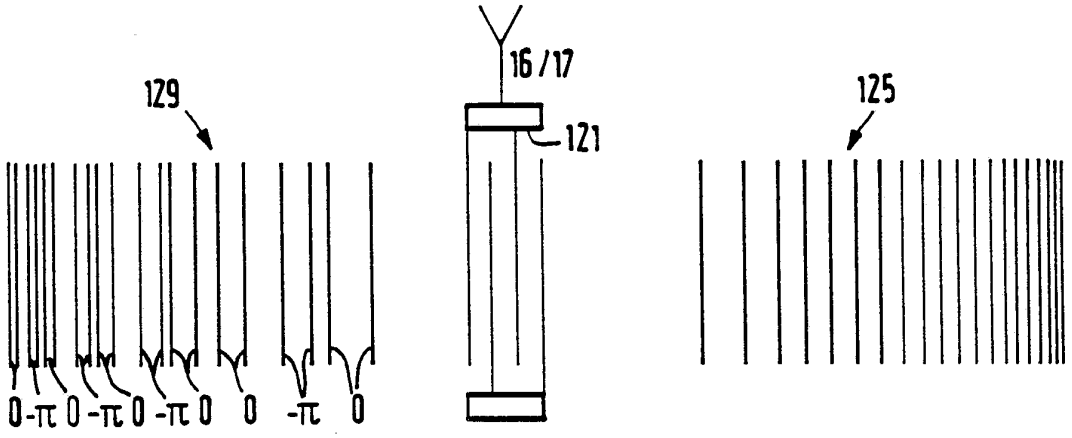

127
127''
127'
16/17
121
128
128'
128''
Δφ:
-π/2 0 -π/2 0
0 +π/2 0 +π/2

FIG 15


129
16/17
121
125
0 -π 0 -π 0 -π 0 0 -π 0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 92/01075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 5 G06K7/10; G01S13/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 5 G06K ; G01S ; H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US,A,4 734 698 (NYSEN ET AL) 29 March 1988 see the whole document	1-3,13
A		4-12, 14-42

Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS vol. 60, no. 7, July 1989, NEW YORK US pages 1297 - 1302 BOWERS ET AL "SURFACE ACOUSTIC-WAVE PIEZOELECTRIC CRYSTAL AEROSOL MASS MICROBALANCE" see page 1298, right hand column - page 1299, left hand column; figure 3	1-3,13

A	DE,A,3 438 051 (SKEIE ET AL) 24 April 1986 see the whole document	1-42

	-/--	

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 April 1993 (14.04.93)	11 May 1993 (11.05.93)
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/DE 92/01075

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 620 191 (SKEIE) 28 October 1986 see the whole document ---	1-42
A	ELECTRONICS LETTERS vol. 23, no. 9, 23 April 1987, ENAGE GB pages 446 - 447 HOLCROFT ET AL "SURFACE-ACOUSTIC-WAVE DEVICE INCORPORATING CONDUCTING LANGMUIR-BLODGETT FILMS" see page 44; figure 1 ----	1-3

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 9201075
SA 68266

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 14/04/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US-A-4734698	29-03-88	None		
DE-A-3438051	24-04-86	AU-B-	565454	17-09-87
		AU-A-	3400184	17-04-86
		CA-A-	1228911	03-11-87
		GB-A,B	2165424	09-04-86
		JP-C-	1658328	21-04-92
		JP-B-	3021876	25-03-91
		JP-A-	61104281	22-05-86
		ZA-A-	8407910	10-04-85
US-A-4620191	28-10-86	None		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 92/01075

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Kl. 5 G06K7/10; G01S13/02

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff [7]

Klassifikationssytem	Klassifikationssymbole
Int.Kl. 5	G06K ; G01S ; H03H

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen [8]

III. EINSCHLAGIGE VEROFFENTLICHUNGEN [9]

Art.°	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
Y	US,A,4 734 698 (NYSEN ET AL) 29. März 1988 siehe das ganze Dokument	1-3,13
A		4-12, 14-42

Y	REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS Bd. 60, Nr. 7, Juli 1989, NEW YORK US Seiten 1297 - 1302 BOWERS ET AL 'SURFACE ACOUSTIC-WAVE PIEZOELECTRIC CRYSTAL AEROSOL MASS MICROBALANCE' siehe Seite 1298, rechte Spalte - Seite 1299, linke Spalte; Abbildung 3	1-3,13

A	DE,A,3 438 051 (SKEIE ET AL) 24. April 1986 siehe das ganze Dokument	1-42

-/--

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen [10] :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgefuhrt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder menreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
14.APRIL 1993	11. 05. 93
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
EUROPAISCHES PATENTAMT	FORLEN G.A.

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Januar 1985)

III. EINSCHLAGIGE VEROFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)

Art °	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 620 191 (SKEIE) 28. Oktober 1986 siehe das ganze Dokument	1-42
A	ELECTRONICS LETTERS Bd. 23, Nr. 9, 23. April 1987, ENAGE GB Seiten 446 - 447 HOLCROFT ET AL 'SURFACE-ACOUSTIC-WAVE DEVICE INCORPORATING CONDUCTING LANGMUIR-BLODGETT FILMS' siehe Seite 446; Abbildung 1	1-3

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9201075
SA 68266

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 14/04/93
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US-A-4734698	29-03-88	Keine		
DE-A-3438051	24-04-86	AU-B-	565454	17-09-87
		AU-A-	3400184	17-04-86
		CA-A-	1228911	03-11-87
		GB-A,B	2165424	09-04-86
		JP-C-	1658328	21-04-92
		JP-B-	3021876	25-03-91
		JP-A-	61104281	22-05-86
		ZA-A-	8407910	10-04-85
US-A-4620191	28-10-86	Keine		

EPO FORM P0473