

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑲ Anmeldenummer: 84106099.9

⑥① Int. Cl.³: **G 10 K 11/28, G 01 S 15/02**

⑳ Anmeldetag: 29.05.84

③① Priorität: 09.06.83 DE 3320935

⑦① Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

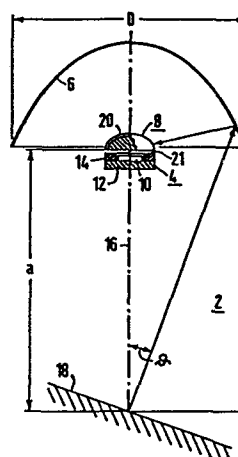
④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: 19.12.84
Patentblatt 84/51

⑦② Erfinder: **Lerch, Reinhard, Dr., Lachnerstrasse 57, D-8520 Erlangen (DE)**
Erfinder: **Gräbner, Günther, Am Herrengarten 3, D-8551 Heroldsbach (DE)**

⑥④ Benannte Vertragsstaaten: **DE FR GB IT SE**

⑤④ **Ultraschall-Sensor.**

⑤⑦ Der Ultraschall-Sensor (2) zur Objekterfassung in Luft oder anderen Gasen enthält einen ersten Ultraschallwandler (4) mit einem Piezokörper (10) als Sender. Erfindungsgemäß ist ein Reflektor (6) vorgesehen, dessen dem ersten Ultraschallwandler (4) zugewandte Oberfläche einen Abschnitt eines Ellipsoids bildet, und daß zwischen dem ersten Ultraschallwandler (4) und dem Reflektor (6) ein zweiter Ultraschallwandler (8) vorgesehen ist, der im ersten Brennpunkt des Reflektors (6) angeordnet ist. Außerdem bildet die dem Reflektor (6) zugewandte Oberfläche (20) des zweiten Ultraschallwandlers (8) eine Kalotte. Durch diese Vergrößerung der Empfangsapertur können Objekte erfaßt werden, deren Reflexionsflächennormale um einen Objektlagewinkel, die wesentlich größer sind als $\pm 3^\circ$, zur Schallkeulennachse geneigt sind. Außerdem kann man auch Objekte mit einer gewölbten Reflexionsfläche eindeutig erfassen.



SIEMENS AKTIENGESSELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 83 P 3177 E

5 Ultraschall-Sensor

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschall-Sensor zur Objekterfassung in Luft oder anderen Gasen, der einen ersten Ultraschallwandler mit einem Piezokörper als Sender enthält.

Sensoren sind Vorrichtungen, die so gestaltet sind, daß sie physikalische Parameter, wie z.B. Druck, Temperatur, Position oder Geschwindigkeit in einem Meßbereich, mengenmäßig bestimmen oder nachweisen können. Durch das Anwachsen der elektronischen, industriellen Prozeßkontrollsysteme ist die Nachfrage für komplexere Sensoren bei verhältnismäßig niedrigen Preisen gestiegen. Ein solcher Sensor ist beispielsweise ein Ultraschall-Näherungsschalter, der Objekte oder Personen erfassen kann. Im Schaltbereich von beispielsweise etwa 100 cm Abstand ist die Objekterfassung mit induktiven oder kapazitiven Näherungsschaltern problematisch. Außerdem können die Ultraschall-Näherungsschalter störsicherer auch kleine Objekte erfassen. So gut wie alle Werkstoffe sind für diese Art der Objekterfassung geeignet.

Für solche Ultraschall-Echolot-Systeme sind Ultraschallwandler vorgesehen, die einen Schallstrahl mit besonders geringem Öffnungswinkel erzeugen. Dadurch können störende Reflexionen des Ultraschalls vermieden werden, so daß ein besonders hohes Auflösungsvermögen erreicht werden kann und nahe beieinanderliegende Objekte unterschieden werden können. Bei einem Ultraschallwandler sind die Abmessungen im wesentlichen

durch die vorgesehene Betriebsfrequenz und das Material des Wandlers vorgegeben. Mit den Abmessungen des Ultraschallwandlers ist auch die Größe der Schallabstrahlfläche des Wandlers bestimmt, wobei durch die Größe der Schallabstrahlfläche im wesentlichen der Öffnungswinkel des erzeugten Schallstrahls bestimmt ist. Bei einer Betriebsfrequenz von etwa 49 kHz und Blei-Zirkonat-Titanat PZT als Material für den Wandler ergibt sich beispielsweise ein Öffnungswinkel von etwa 10° bis 12°.

10

Es ist ein Ultraschallwandler bekannt, der einen Piezokörper, eine $\lambda/4$ -Anpassungsschicht und einen Beschwerungsring enthält. Auf einer Stirnfläche des Piezokörpers ist die $\lambda/4$ -Anpassungsschicht angeordnet, deren Durchmesser wesentlich größer ist als der Durchmesser des Piezokörpers. Der über den Rand des Piezokörpers überstehende ringförmige Oberflächenbereich der $\lambda/4$ -Anpassungsschicht ist mit dem Beschwerungsring versehen (deutsche Auslegungsschrift 25 41 492). Durch den Beschwerungsring wird erreicht, daß eine große Fläche, deren Abmessungen wesentlich größer sind, als die Stirnfläche des Piezokörpers, zu gleichphasigen Schwingungen angeregt wird.

25 Ferner ist ein Ultraschall-Näherungsschalter bekannt, der berührungs- und kontaktlos als Distanz-Sensor arbeitet. Der Kern dieses Näherungsschalter ist ein piezokeramischer Ultraschallwandler, der in Luft oder anderen Gasen arbeitet. Bei der Betriebsart Näherungsschalter wird das zu erfassende Objekt als Ultraschall-Reflektor benutzt, wobei der nutzbare Erfassungsbereich zwischen 20 cm und 100 cm und der nicht nutzbare Nahbereich zwischen 0 cm und 20 cm liegt. Die zu erfassenden Objekte können fest, flüssig oder pulverförmig sein mit einer ebenen, glatten, polierten

35

oder matten Oberfläche. Außerdem kann das Material dieser Oberflächen durchsichtig oder von beliebiger Einfärbung sein (H.CH. Münzing "Distanz-Sensor für große Schaltabstände" etz Bd. 103 (1982), Heft 10, 5 Seiten 518 und 519).

Mit diesem Ultraschall-Näherungsschalter können nur für die Reflexion geeignete Objekte erfaßt werden, deren Reflexionsfläche senkrecht zur Schallkeulenachse innerhalb der Halbwertsbreite angeordnet sind. Abweichungen von $\pm 3^\circ$ der Senkrechten zur Achse der Schallkeule sind zulässig.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen 15 Ultraschall-Sensor zur Objekterfassung in Luft oder anderen Gasen anzugeben, dessen Empfangsapertur vergrößert ist, damit auch Objekte erfaßt werden können, deren Reflexionsflächennormale um einen Objektlagewinkel, die wesentlich größer sind als $\pm 3^\circ$, zur 20 Schallkeulenachse geneigt sind. Außerdem soll man auch Objekte mit einer gewölbten Reflexionsfläche eindeutig erfassen können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Dadurch, daß die 25 dem ersten Ultraschallwandler zugewandte Oberfläche einen Abschnitt eines Ellipsoids bildet und der zweite Ultraschallwandler im Brennpunkt dieses Ellipsoids angeordnet ist, kann man Objekte erfassen, die sich annähernd im zweiten Brennpunkt des Ellipsoids befinden und deren Reflexionsflächennormale außerhalb der Halbwertsbreite des ersten Ultraschallwandlers liegt. 30 Dieser Objektlagewinkel ist abhängig vom Durchmesser des Reflektors und von der Arbeitsentfernung.

- In einer weiteren Ausgestaltung des Ultraschall-Sensors bildet die dem Reflektor zugewandte Oberfläche des zweiten Ultraschallwandlers eine Kalotte. Diese Kalotte kann aus mehreren ebenen Einzelschwingern bestehen, die
5 in einer Facettenkonstruktion angeordnet sind. Ferner kann der zweite Ultraschallwandler mehrere ringförmige Einzelschwinger und einen Kegel enthalten, deren Mantelflächen die Kalottenform ergeben. Durch diese Gestaltung kann man mit dem zweiten Ultraschallwandler
10 Schallwellen aus dem durch den Reflektor gegebenen Raumwinkelbereich erfassen, die von einem Objekt annähernd im zweiten Brennpunkt abgestrahlt werden. Wegen der räumlichen Ausdehnung des zweiten Ultraschallwandlers und der Schallkeule des ersten Ultraschallwandlers ist man nicht nur auf die Arbeitsentfernung
15 beschränkt, sondern man kann Objekte in einem gewissen Tiefenschärfenbereich um den zweiten Brennpunkt des Ellipsoids erfassen.
- 20 In einer vorteilhaften weiteren Ausgestaltung des Ultraschall-Sensors enthält der zweite Ultraschallwandler einen Tragkörper, der als Abschnitt einer Kugel gestaltet ist, und eine piezoelektrische Kunststoff-
folie, die auf diesen Kugelabschnitt aufgebracht ist.
25 Der Tragkörper ist als hartes Backing im Bezug auf die piezoelektrische Kunststoffolie vorgesehen. Diese piezoelektrische Kunststoffolie kann beispielsweise aus Polyvinyliden-Fluorid PVDF bestehen. Durch diese Gestaltung erhält man einen einfachen Aufbau des zweiten
30 Ultraschallwandlers.

Zur weiteren Erläuterung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der ein Ausführungsbeispiel eines Ultraschall-Sensors nach der Erfindung schematisch veran-

schaulich ist.

Figur 1 zeigt einen Ultraschall-Sensor gemäß der
Erfindung und in

Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel des zweiten
5 Ultraschallwandlers gemäß der Erfindung
dargestellt.

Figur 3 veranschaulicht eine weitere Ausführungsform
des zweiten Ultraschallwandlers und

Figur 4 zeigt eine vorteilhafte Ausführungsform des
10 zweiten Ultraschallwandlers.

In der dargestellten Ausführungsform nach Figur 1 ist
ein Ultraschall-Sensor 2 zur Objekterfassung in Luft
oder anderen Gasen veranschaulicht. Dieser Ultraschall-
15 Sensor 2 enthält einen ersten Ultraschallwandler 4,
einen Reflektor 6 und einen zweiten Ultraschallwandler
8. Der erste Ultraschallwandler 4 enthält einen schei-
benförmigen Piezokörper 10, der auf einer seiner beiden
Flachseiten mit einer $\lambda/4$ -Anpassungsschicht 12 versehen
20 ist, die beispielsweise wesentlich größere Abmessungen
hat, als der Piezokörper 10. Der überstehende Bereich
der $\lambda/4$ -Anpassungsschicht 12 ist auf der Seite des
Piezokörpers 10 mit einem Beschwerungsring 14 verbun-
den. Die $\lambda/4$ -Anpassungsschicht 12 besteht aus einem
25 Material, dessen akustischer Schallwellenwiderstand
ein Maß besitzt, das zwischen der Größe des Schall-
wellenwiderstandes des Piezokörpers 10 und der Größe
des Schallwellenwiderstandes des Mediums liegt, in dem
sich der Schall ausbreiten soll.

30

Die Oberfläche des Reflektors 6, die dem ersten Ultra-
schallwandler 4 zugewandt ist, bildet einen Abschnitt
eines Ellipsoids. Im ersten Brennpunkt, d.h. im
reflektornahen Brennpunkt ist der zweite Ultraschall-

35

wandler 8 angeordnet. Der Durchmesser D des Reflektors 6 ist abhängig vom Objektabstand a, der den Abstand der beiden Brennpunkte des Ellipsoids angibt, und vom möglichen Objektlagewinkel ϑ , der Winkel, der von der Schallkeulenachse 16 und der Reflexionsflächennormale des zu erfassenden Objektes 18 eingeschlossen wird. Der Zusammenhang von Durchmesser D, Objektabstand a und Objektlagewinkel ϑ läßt sich durch die folgende Gleichung

$$\vartheta = \arctan \frac{D}{2a}$$

darstellen. Bei der Auslegung des Ultraschall-Sensors 2 für den Nahbereich, d.h. der Objektabstand a ist ungefähr etwa 20 cm und der Durchmesser D des Reflektors wird mit ungefähr etwa 10 cm vorbestimmt, so ergibt sich für den Objektlagewinkel einen Winkel von beispielsweise etwa $\pm 14^\circ$. Bei der Auslegung des Ultraschall-Sensors 2 für den Fernbereich ergibt sich für den Objektlagewinkel ϑ bei einem vorbestimmten Objektabstand a von ungefähr etwa 80 cm und einem vorbestimmten Durchmesser D von ungefähr etwa 20 cm einen Winkel von beispielsweise etwa $\pm 7^\circ$.

Der zweite Ultraschallwandler 8 ist im ersten Brennpunkt des Reflektors 6 angeordnet. Die dem Reflektor 6 zugewandte Oberfläche 20 dieses zweiten Ultraschallwandlers 8 bildet eine Kalotte. Ferner ist die dem Reflektor 6 abgewandte Oberfläche 21 des zweiten Ultraschallwandlers 8 zu den Stirnflächen des ersten Ultraschallwandlers 4 parallel angeordnet.

30

Durch diese Wölbung der Empfangsfläche des Ultraschall-Sensors 2 kann man in Luft oder anderen Gasen befindliche Objekte 18 erfassen, deren Reflexionsflächennormale um einen Objektlagewinkel ϑ zur Schallkeulenachse 16 geneigt ist und außerdem kann man auch

35

Objekte mit einer gewölbten Reflexionsfläche eindeutig erfassen.

Die Figur 2 zeigt eine Ausführungsform des zweiten
5 Ultraschallwandlers 8, der im ersten Brennpunkt des
Reflektors 6 angeordnet ist. Die dem Reflektor 6 zu-
gewandte Oberfläche 20 dieses zweiten Ultraschall-
wandlers 8 bildet eine Kalotte. Diese Kalotte besteht
aus mehreren Einzelschwingern 22, die in einer
10 Facettenkonstruktion angeordnet sind.

In einer weiteren Ausführungsform des zweiten Ultra-
schallwandlers 8 gemäß Figur 3 enthält dieser mehrere
ringförmige Einzelschwinger 24 und einen Kegel 26. Die
15 Mantelflächen 28 der ringförmigen Einzelschwinger 24
und des Kegels 26 ergeben die Kalottenform des zweiten
Ultraschallwandlers 8.

Mit Hilfe dieser Ausführungsformen kann man mit dem
20 zweiten Ultraschallwandler 8 Schallwellen aus dem durch
den Reflektor 6 gegebenen Raumwinkelbereich erfassen.

In einer vorteilhaften weiteren Ausgestaltung des
zweiten Ultraschallwandlers 8 gemäß Figur 4 enthält
25 dieser einen Tragkörper 30 und eine piezoelektrische
Kunststoffolie 32. Der Tragkörper 30 ist als Abschnitt
einer Kugel gestaltet und außerdem als hartes Backing
im Bezug auf die piezoelektrische Kunststoffolie 32
vorgesehen. Auf der gewölbten Mantelfläche des Trag-
30 körpers 30 ist die piezoelektrische Kunststoffolie 32
aufgebracht. Diese piezoelektrische Kunststoffolie 32
kann beispielsweise aus Polyvinyliden-Fluorid PVDF
sein. Durch diese Gestaltung erhält man einen einfachen
Aufbau des zweiten Ultraschallwandlers 8.

35

7 Patentansprüche

4 Figuren

Patentansprüche

1. Ultraschall-Sensor (2) zur Objekterfassung in Luft
oder anderen Gasen, der einen ersten Ultraschallwandler
5 (4) mit einem Piezokörper (10) als Sender enthält,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß ein
Reflektor (6) vorgesehen ist, dessen dem ersten Ultra-
schallwandler (4) zugewandte Oberfläche einen Abschnitt
10 eines Ellipsoids bildet, und daß zwischen dem ersten
Ultraschallwandler (4) und dem Reflektor (6) ein
zweiter Ultraschallwandler (8) vorgesehen ist, der im
ersten Brennpunkt des Reflektors (6) angeordnet ist.

2. Ultraschall-Sensor nach Anspruch 1, d a d u r c h
15 g e k e n n z e i c h n e t , daß die dem Reflektor
(6) zugewandte Oberfläche (20) des zweiten Ultra-
schallwandlers (8) eine Kalotte bildet.

3. Ultraschall-Sensor nach Anspruch 2, d a d u r c h
20 g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kalottenform
des zweiten Ultraschallwandlers (8) aus mehreren ebenen
Einzelschwingern (22) angenähert ist, die in einer
Facettenkonstruktion angeordnet sind.

25 4. Ultraschall-Sensor nach Anspruch 2, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der zweite Ultra-
schallwandler (8) mehrere ringförmige Einzelschwinger
(24) und einen Kegel (26) enthält, deren Mantelflächen
(28) die Kalottenform ergeben.

30

5. Ultraschall-Sensor nach Anspruch 1, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß der zweite Ultra-
schallwandler (8) einen Tragkörper (30), der als Ab-
schnitt einer Kugel vorgesehen ist, und eine piezo-
35 elektrische Kunststoffolie (32) enthält.

6. Ultraschall-Sensor nach Anspruch 5, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die piezoelek-
trische Kunststoffolie (32) auf der gewölbten Mantel-
5 fläche des Kugelabschnitts angeordnet ist.

7. Ultraschall-Sensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
dem Reflektor (6) abgewandte Oberfläche (21) des zwei-
10 ten Ultraschallwandlers (8) zu den Flachseiten des
Piezokörpers (10) parallel angeordnet ist.

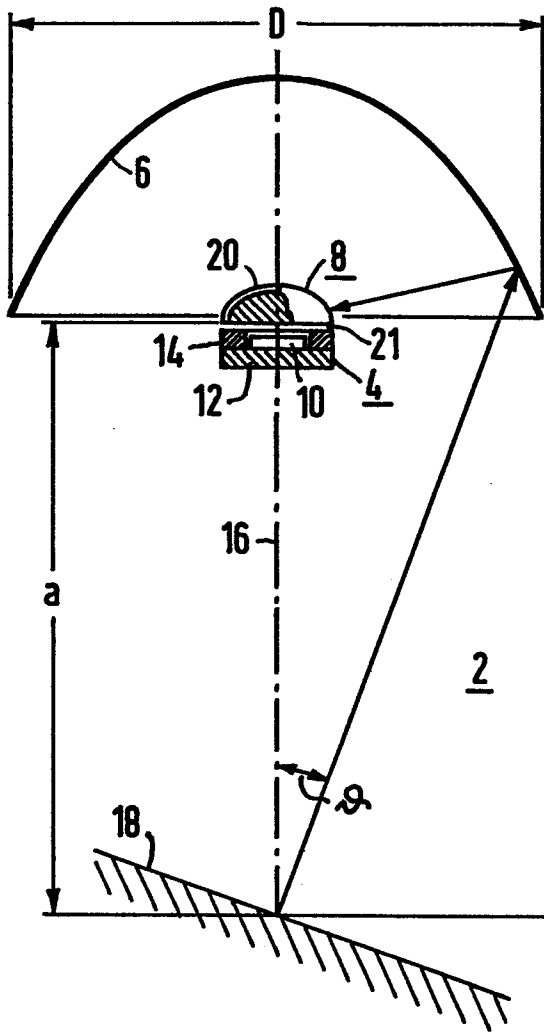


FIG 1

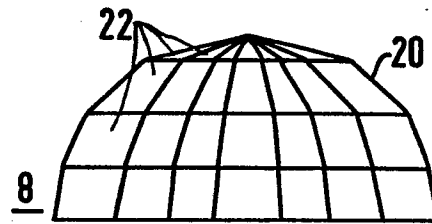


FIG 2

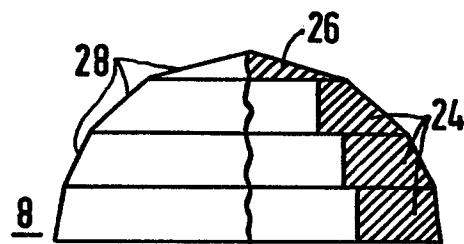


FIG 3

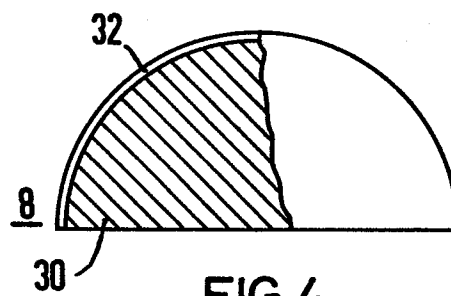


FIG 4