

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑳ Anmeldenummer: 84102147.0

⑤① Int. Cl.³: **G 10 K 11/02**

㉔ Anmeldetag: 29.02.84

③① Priorität: 15.03.83 DE 3309236

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.84 Patentblatt 84/38

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB

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

⑦② Erfinder: **Lerch, Reinhard, Dr.**
Lachnerstrasse 57
D-8520 Erlangen(DE)

⑤④ **Ultraschallwandler.**

⑤⑦ Ultraschallwandler mit einem Tragkörper (2), einer Sendeschicht (4) aus einem Material mit verhältnismäßig hoher dielektrischer Konstante und einer ersten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht (8), die der Sendeschicht (4) zugewandt ist sowie einer zweiten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht, die der Last zugewandt ist. Erfindungsgemäß ist die zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich als Empfangsschicht (6) und die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich als hartes Backing für die Empfangsschicht (6) vorgesehen. Dadurch erhält man einen Ultraschallwandler, dessen Sendeschicht (4) reflexionsarm an eine Last angepaßt ist und dessen Empfangsschicht (6) außergewöhnlich empfindlich ist.

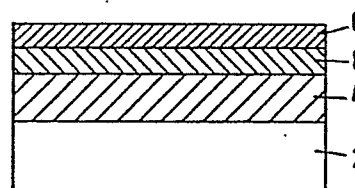


FIG 1

SIEMENS AKTIENGESellschaft
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 83 P 3075 E

5 Ultraschallwandler

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschallwandler mit einem Tragkörper, einer Sendeschicht aus einem Material mit verhältnismäßig hoher dielektrischer
10 Konstante und einer ersten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht, die der Sendeschicht zugewandt ist sowie einer zweiten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht, die einer Last zugewandt ist.

In der medizinischen Ultraschalldiagnostik und der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung werden Ultraschall-
15 breitbandwandler eingesetzt. Insbesondere die medizinische Anwendung, wo mit möglichst geringen Verlusten eine Kopplung zwischen Gewebe und Schallwandler vorgenommen werden muß, erfordert eine Verbesserung der elektromechanischen und akustischen Eigen-
20 schaften dieser Wandlerysteme.

Es ist ein Ultraschallwandler bekannt, dessen Keramikwandler durch zwei $\lambda/4$ -Anpassungsschichten an ein
25 Lastmedium Gewebe oder Wasser angepaßt wird. Dieses Wandlerystem enthält ein Backing aus Epoxidharz mit einer akustischen Impedanz von 3×10^6 Pas/m, einen Keramikwandler, eine erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht aus Glas mit einer akustischen Impedanz von 10×10^6 Pas/m
30 und eine zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht aus Polyacryl oder aus Epoxidharz mit einer akustischen Impedanz von 3×10^6 Pas/m. Der Keramikwandler ist auf einem Backing angeordnet. Die Glasplatte als erste Anpassungsschicht ist mit einem Adhäsionskleber sehr

35

Ur 2 Hag / 9.3.1983

niedriger Viskosität vorgenommen, so daß Klebeschichten im Bereich von etwa 2 μm vorliegen. Das Epoxidharz, als zweite Anpassungsschicht ist direkt auf die erste Anpassungsschicht aufgegossen (Experimentelle Untersuchungen zum Aufbau von Ultraschallbreitbandwandlern, Biomedizinische Technik, Band 27, Heft 7 bis 8, 1982, Seiten 182 bis 185). Durch diese doppelte $\lambda/4$ -Anpassung erreicht man nur eine Verbesserung der Empfindlichkeit und der Bandbreite der Keramiksendeschicht. Die Bandbreite dieses Ultraschallwandler beträgt etwa 60 bis 70 % der Mittenfrequenz.

Außerdem ist ein Ultraschallwandler bekannt, der eine Sendeschicht aus einem Material mit verhältnismäßig hoher dielektrischer Konstante und hoher Schallimpedanz und einer Empfangsschicht aus einem Material mit verhältnismäßig niedriger dielektrischer Konstante und niedriger Schallimpedanz, die in Hybridtechnik flächig aufeinanderliegend verbunden sind. Die Sendeschicht besteht beispielsweise aus Blei-Zirkonat-Titanat PZT oder Bleimetaniobat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Die Empfangsschicht besteht demgegenüber aus einer piezoelektrischen Kunststoffolie mit einer akustischen Impedanz von etwa 3×10^6 Pas/m beispielsweise Polyvinyliden-Fluorid PVDF oder Polycarbonat oder Polyvinylchlorid PVC. Die Empfangsschicht soll zugleich Anpassungsschicht für den Sendefall sein (deutsche Patentschrift 29 14 031). Die Ausbildung der Empfangsschicht als Anpassungsschicht zur Anpassung an Körpergewebe kann aber nur als einfache $\lambda/4$ -Schicht ausgebildet sein. Die Anpassungsschicht für den Sendefall ist jedoch hier keine einfache $\lambda/4$ -Anpassung. Bei einfacher $\lambda/4$ -Anpassung ergibt sich aus der Theorie eine Anpassungsschicht mit einer akustischen Impedanz von etwa 7×10^6 Pas/m.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen
Ultraschallwandler mit einem effektiven breitbandigen
Sender und einem empfindlichen und breitbandigen
Empfänger anzugeben. Außerdem soll das keramische
5 Schwingermaterial der Sendeschicht breitbandig an
Gewebe oder Wasser angepaßt werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit den kenn-
zeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Dadurch, daß die
10 zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich als Empfangs-
schicht und die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich
als Backing für die Empfangsschicht vorgesehen ist,
erhält man einen Ultraschallwandler, dessen Sende-
schicht reflexionsarm an eine Last angepaßt ist und
15 dessen Empfangsschicht außergewöhnlich empfindlich
und breitbandig ist.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des
Ultraschallwandlers besteht die Empfangsschicht aus
20 einem Stapel dünner elektrisch in Serie geschalteter
piezoelektrischer Kunststofffolien. Durch diese Ge-
staltung der Empfangsschicht kann man die einzelnen
piezoelektrischen Kunststofffolien aufgrund der geringen
Dicke einfacher polarisieren.

25 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des
Ultraschallwandlers besteht die Empfangsschicht aus
einer aktiven und einer passiven piezoelektrischen
Kunststofffolie, wobei die aktive piezoelektrische
30 Kunststofffolie auf der ersten Anpassungsschicht ange-
ordnet ist und die passive piezoelektrische Kunststoff-
folie der Last zugewandt ist. Die Dicke der passiven
piezoelektrischen Kunststofffolie beträgt ein Vielfaches
der Dicke der aktiven piezoelektrischen Kunststofffolie.

Durch diese Gestaltung der Empfangsschicht erhält man einen breitbandigen, empfindlichen Ultraschallwandler mit verhältnismäßig großer Kapazität und entsprechend geringer Innenimpedanz.

5

Zur weiteren Erläuterung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in der ein Ausführungsbeispiel eines Ultraschallwandlers nach der Erfindung schematisch veranschaulicht ist.

10 Figur 1 zeigt einen Ultraschallwandler gemäß der Erfindung und in

Figur 2 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung dargestellt.

15 Figur 3 veranschaulicht eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

In der Ausführungsform nach Figur 1 enthält ein Ultraschallwandler einen Tragkörper 2, eine Sendeschicht 4 und zwei $\lambda/4$ -Anpassungsschichten, wobei die zweite

20 $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich als Empfangsschicht 6 vorgesehen ist. Die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht 8 ist der Sendeschicht 4 zugewandt und ist zugleich als Backing für die Empfangsschicht 6 vorgesehen. Sämtliche Schichten können vorzugsweise großflächig in

25 Hybridtechnik miteinander verbunden sein. Die Dicken der Anpassungsschichten betragen jeweils bei einer vorbestimmten Resonanzfrequenz eine viertel Wellenlänge. Bei einer Resonanzfrequenz von etwa 10 MHz beträgt die Dicke der Anpassungsschichten beispielsweise 55 μm und

30 bei einer Resonanzfrequenz von etwa 2 MHz beispielsweise 275 μm . Als Sendeschicht 4 dient ein Material mit relativ hoher dielektrischer Konstante und hoher Schallimpedanz, beispielsweise ein Piezokeramik-Material. Zu bevorzugen ist hierbei eine Sendeschicht 4 aus

35 Blei-Zirkonat-Titanat PZT oder Bleimetaniobat $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Die beiden Anpassungsschichten haben die Aufgabe, unterschiedliche akustische Impedanzen reflexionsarm aneinander anzupassen. Hier muß man die Sendeschicht aus Blei-Zirkonat-Titanat PZT mit einer akustischen Impedanz von ungefähr 30×10^6 Pas/m einer Last, beispielsweise Gewebe oder Wasser mit einer akustischen Impedanz von $1,5 \times 10^6$ Pas/m, anpassen. Um eine optimale reflektionsarme Anpassung zu erreichen, ist aus der Theorie die mehrstufige Transformation mit zwei $\lambda/4$ -Anpassungsschichten bekannt, bei der ein zulässiger Eingangsreflexionsfaktor nach dem Tschebyscheff-Verlauf approximiert wird. Hieraus ergibt sich für die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht eine akustische Impedanz von etwa 14×10^6 Pas/m und für die zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht eine akustische Impedanz von etwa 4×10^6 Pas/m. Als Material für die erste Anpassungsschicht kann man beispielsweise Porzellan, vorzugsweise Quarzglas, insbesondere einen glasartigen Stoff (Macor) und für die zweite Anpassungsschicht kann man beispielsweise Polyvinylchlorid PVC, insbesondere Polyvinylidenfluorid PVDF, verwenden.

Damit die zweite Anpassungsschicht zugleich als Empfangsschicht 6 dient, muß man die Polyvinylidenfluorid PVDF-Schicht polarisieren und mit elektrischen Anschlüssen versehen, die, wie die elektrischen Anschlüsse der Sendeschicht, in der Figur 1 nicht dargestellt sind.

Durch diese Gestaltung erhält man einen breitbandigen und empfindlichen Ultraschallwandler, der insbesondere wegen seiner annähernd reflexionsarmen Kopplung zwischen Gewebe und Ultraschallwandler in der Medizin Anwendung findet.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform nach Figur 2 besteht die Empfangsschicht 6 aus einem Stapel dünner elektrisch in Serie geschalteter piezoelektrischer Kunststofffolien 10. Diese piezoelektrischen Kunststofffolien 10 sind jeweils in derselben Richtung polarisiert und die Dicke des Stapels beträgt eine viertel Wellenlänge bei einer vorbestimmten Resonanzfrequenz. Bis zu einer Frequenz von beispielsweise 4 MHz kann der Stapel zweckmäßig aus beispielsweise 25 μm dicken Kunststofffolien 10 bestehen, während für höhere Frequenzen der Stapel aus beispielsweise 9 μm dicken Kunststofffolien 10 aufgebaut sein kann. Als Material für die piezoelektrischen Kunststofffolien der Empfangsschicht 6 kann man beispielsweise Polyvinylchlorid PVC, insbesondere Polyvinyliden-Fluorid PVDF, verwenden.

Durch diese Gestaltung der Empfangsschicht 6 kann man die dünnen, beispielsweise 9 μm bis 25 μm dicken, piezoelektrischen Kunststofffolien sehr gut polarisieren.

In einer weiteren Ausführungsform nach Figur 3 besteht die Empfangsschicht 6 aus einer aktiven piezoelektrischen Kunststofffolie 12 und einer dickeren passiven piezoelektrischen Kunststofffolie 14. Die Dicke der passiven piezoelektrischen Kunststofffolie 14 der Empfangsschicht 6 beträgt ein Vielfaches, beispielsweise 2 bis 15fache, der Dicke der aktiven piezoelektrischen Kunststofffolie 12 der Empfangsschicht 6. Die aktive piezoelektrische Kunststofffolie 12, die beispielsweise 25 μm dick ist, ist auf die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht 8 angeordnet und die passive piezoelektrische Kunststofffolie 14 ist der Last zugewandt. Auch in dieser Ausführungsform verwendet man als Material für die piezoelektrischen Kunststofffolien der

Empfangsschicht 6 beispielsweise Polyvinylchlorid PVC,
insbesondere Polyvinyliden-Fluorid PVDF. Sowohl die
aktive als auch die passive piezoelektrische Kunst-
stoffolie 12 bzw. 14 bestehen aus demselben Material,
5 wobei die aktive piezoelektrische Kunststoffolie 12
polarisiert ist.

Durch diese Gestaltung der Empfangsschicht 6 erhält
man einen breitbandigen und empfindlichen Ultraschall-
10 wandler mit verhältnismäßig großer Kapazität und ent-
sprechend geringer Innenimpedanz bei verhältnismäßig
kleinen räumlichen Abmessungen.

10 Patentansprüche

15 3 Figuren

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler mit einem Tragkörper (2), einer Sendeschicht (4) aus einem Material mit verhältnismäßig hoher dielektrischer Konstante und hoher akustischer Impedanz und einer ersten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht (8), die der Sendeschicht (4) zugewandt ist, sowie einer zweiten $\lambda/4$ -Anpassungsschicht, die einer Last zugewandt ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht zugleich als Empfangsschicht (6) vorgesehen ist und daß die erste $\lambda/4$ -Anpassungsschicht (8) zugleich als Backing für die Empfangsschicht (6) vorgesehen ist.
2. Ultraschallwandler 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 die Empfangsschicht (6) aus einem Stapel dünner elektrisch in Serie geschalteter piezoelektrischer Kunststoffolien (10) besteht.
3. Ultraschallwandler 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 die Empfangsschicht (6) aus einer aktiven piezoelektrischen Kunststoffolie (12) und einer passiven piezoelektrischen Kunststoffolie (14) besteht.
4. Ultraschallwandler nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die aktive piezoelektrische Kunststoffolie (12) der Empfangsschicht (6) auf dem harten Backing angeordnet ist und die passive piezoelektrische Kunststoffolie (14) der Empfangsschicht (6) der Last zugewandt ist.
5. Ultraschallwandler nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Dicke der passiven piezoelektrischen Kunststoffolie (14) der

-9-

VPA 83 P 3075 E

Empfangsschicht (6) ein Vielfaches der Dicke der aktiven piezoelektrischen Kunststoffolie (12) der Empfangsschicht (6) beträgt.

- 5 6. Ultraschallwandler 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 die Sendeschicht
(4) aus Blei-Zirkonat-Titanat PZT oder Blei-Metaniobat
 $Pb(NO_3)_2$ besteht.
- 10 7. Ultraschallwandler nach Anspruch 1 und 6, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
zweite $\lambda/4$ -Anpassungsschicht eine akustische Impedanz
von etwa $4 \times 10^6 \frac{\text{Pas}}{\text{m}}$ hat und die erste $\lambda/4$ -Anpassungs-
schicht (8) eine akustische Impedanz von etwa
15 $14 \times 10^6 \frac{\text{Pas}}{\text{m}}$ hat.
8. Ultraschallwandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die
Empfangsschicht (6) aus piezoelektrischen Kunststoff-
20 folien (10, 12, 14) besteht.
9. Ultraschallwandler nach Anspruch 8, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , daß die piezoelektri-
schen Kunststoffolien (10, 12, 14) der Empfangsschicht
25 (6) aus Polyvinyliden-Fluorid PVDF oder Polyvinyl-
chlorid PVC bestehen.
10. Ultraschallwandler 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 die erste $\lambda/4$ -An-
30 passungsschicht aus Quarzglas oder einem glasartigen
Stoff oder Porzellan besteht.

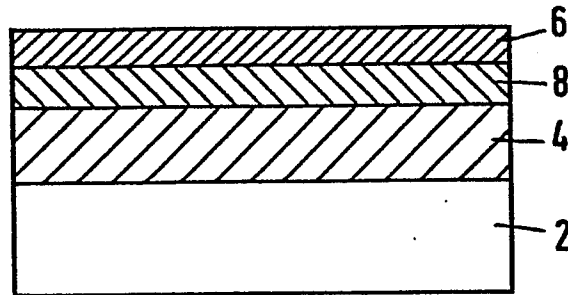


FIG 1

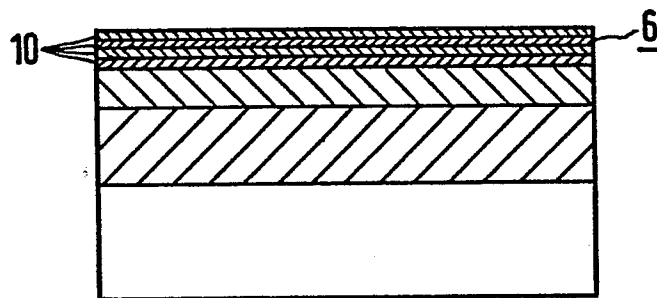


FIG 2

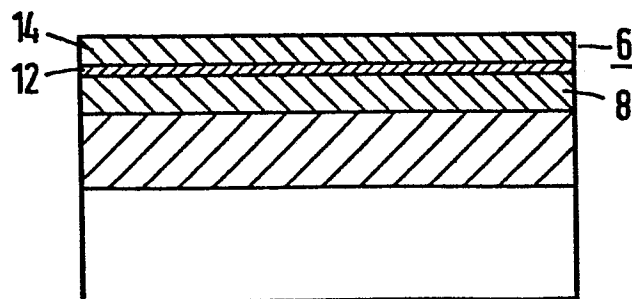


FIG 3