



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

ISSN 0433-6461

(11)

211 439

Int.Cl.³

3(51) H 04 R 17/10

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 04 R/ 2448 425

(22) 15.11.82

(44) 11.07.84

(71) VEB SCHIFFSELEKTRONIK; ROSTOCK, DD

(72) BURKA, PETER-UWE, DIPL.-PHYS.; HEINRICH, MARTIN, DR.-ING.; DD;

(54) RADIALRESONANZSCHWINGER MIT ZUSATZMASSEN ZUR FREQUENZTRANSFORMATION

(57) Radialschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation werden als Schallwandler benutzt, z. B. in elektroakustischen Anlagen. Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Einsatzmöglichkeiten des piezoelektrischen Materials zu erweitern und neue konstruktive Möglichkeiten zu schaffen. Die Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Methode, mit der die Resonanzfrequenz von piezoelektrischen Scheiben kontinuierlich verändert werden kann. Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Zusatzmassen auf der Mantelfläche oder den Mantelflächen einer piezoelektrischen Scheibe oder eines piezoelektrischen Zylinders angebracht sind. Fig. 3

Titel

Radialresonanzschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation

Anwendung der Erfindung

Die Erfindung kann dort verwendet werden, wo mechanische Schwingungen zur Herstellung von Schallwandlern benutzt werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Elektroakustische Wandler hoher Leistung werden bei einer ihrer Resonanzfrequenzen betrieben, die von den Längenabmessungen der Wandler abhängen. Die Veränderung der Resonanzfrequenz durch das Anbringen von Zusatzmassen auf den Deckflächen piezoelektrischer Scheiben ist bei Dickenschwingungen üblich und unter dem Begriff "Hantel- oder Sandwichschwinger" bekannt (Langevin, P. Franz. Patent Nr. 502913; 505703; 575435).

Es hat sich gezeigt, daß die Verwendung verschiedener Schwingungsmoden zur Schallabstrahlung geeignet ist. Insbesondere lassen sich mit piezoelektrischen Scheiben hohe akustische Leistungen in Dickenrichtung abstrahlen, wenn die Scheiben bei Radialresonanz betrieben werden (DD/WP 2313821). Die Radialresonanzfrequenz piezoelektrischer Scheiben hängt von den vom Hersteller genormten Abmessungen und Werkstoffen ab, somit sind auch nur solche Radialresonanzfrequenzen verfügbar, die den genannten Staffeln entsprechen. Bisher ist nicht bekannt, daß

die Radialresonanzfrequenzen piezoelektrischer Scheiben durch die Anbringung von Zusatzmassen kontinuierlich verändert worden sind.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, die Einsatzmöglichkeiten des piezoelektrischen Materials zu erweitern und neue konstruktive Möglichkeiten zu schaffen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung einer Methode mit der die Radialresonanzfrequenz von piezoelektrischen Scheiben kontinuierlich verändert werden kann. Die Radialresonanzfrequenz von Scheiben ist von bestehenden Randbedingungen auf den Mantelflächen abhängig. Sofern diese Mantelflächen frei schwingen oder an ein Medium mit einer sehr viel geringeren akustischen Impedanz als die des Scheibenmaterials grenzen, sind die Randbedingungen durch das Fehlen mechanischer Normalspannungen (Nullstellen des Druckes) auf den Mantelflächen gegeben, wie es in Fig. 1 schematisch dargestellt ist. Dieser Zustand ist nur bei ganz bestimmten Frequenzen, den Eigen- oder Resonanzfrequenzen möglich (Fig. 1, Fig. 2).

Erfindungsgemäß wird nun eine Mantelfläche (oder mehrere Mantelflächen werden) mit einem konzentrischen Ring, d. h. einer Zusatzmasse verbunden, wodurch der Abstand zwischen den Nullstellen der Radialspannung vergrößert und damit die Radialresonanzfrequenz verringert wird.

Für dünne Kreisringscheiben läßt sich die zu einer gewünschten Verringerung der Resonanzfrequenz erforderliche Breite des Ringes berechnen. Die radiale Verschiebungsamplitude y der Schwingung genügt der Differentialgleichung

$$y'' = y \left(\frac{1}{r^2} - \frac{\omega^2}{c^2} \right) - \frac{y'}{r} \quad (\text{Gl. 1})$$

Darin bedeuten:

- y : Verschiebung (Amplitude)
- r : Längenkoordinate in radialer Richtung
- ω : Kreisfrequenz
- c_r : Schallgeschwindigkeit in radialer Richtung
- $y' : \frac{dy}{dr}$
- $y'' : \frac{d^2y}{dr^2}$

Die radiale Normalspannung σ_r ist

$$\sigma_r = c_r^2 \rho \left(y' + r \frac{y}{r} \right) \quad (\text{Gl. 2})$$

Die Randbedingungen auf den freien Mantelflächen lauten also

$$y' = -r \frac{y}{r} \quad (\text{Gl. 3})$$

Dabei bedeuten:

- ν : Poisson-Zahl
- ρ : Dichte

Auf den Grenzflächen zwischen dem piezoelektrischen Werkstoff und dem Zusatzring gelten die physikalisch notwendigen Stetigkeitsbedingungen $y_1 = y_2$, d. h. die Gleichheit der Verschiebungen und $\sigma_{r1} = \sigma_{r2}$ die Gleichheit der Normalspannungen auf beiden Seiten der Grenzen.

Durch geeignete Materialkombinationen mit dem piezoelektrischen Werkstoff lassen sich die Radialspannungen absenken und damit die Belastbarkeit des Schwingers erhöhen. Außerdem kann die Schwingungsamplitude auf der äußeren Mantelfläche vergrößert werden, was im Falle einer beabsichtigten Schallabstrahlung in radialer Richtung von Vorteil ist.

Ausführungsbeispiel

Es wird als Grundkörper eine piezoelektrische Ringscheibe aus Piezolan L des Typs 1576.3-6622.94 aus der Produktion der Keramischen Werke Hermsdorf vorgegeben. Die Abmessungen sind:

Dicke = 6 mm
Bohrung = 15 mm
Scheibendurchmesser = 50 mm
AL-Ringdurchmesser = 70 mm

Die Radialresonanzfrequenz der einfachen piezoelektrischen Scheibe 1 beträgt 110 kHz. Auf dem äußeren Mantel wird ein konzentrischer Aluminiumring 2 von der gleichen Höhe (6 mm) und von 10 mm Breite befestigt. Durch den Aluminiumring wird die Radialresonanzfrequenz des kombinierten Schwingers (piezoelektrische Scheibe mit Zusatzring) auf 90 kHz verringert.

Die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Werkstoffen ist durch Verklebung mit Epoxydharz hergestellt. Um einen elektrischen Kurzschluß der Silberelektroden 3 über den Aluminiumring zu vermeiden, sind die der piezoelektrischen Scheibe 1 zugewandten Kanten des Aluminiumringes gebrochen. Außerdem sorgen die bei der Montage herausgequetschten Überschüsse des Klebers in der durch Kantenbrechung erzeugten Rille 4 für eine ausreichende galvanische Trennung der Silberbeläge vom Aluminiumring. Die erzielte Frequenztransformation von 110 kHz auf 90 kHz ist experimentell durch Wobbeln der elektrischen Impedanz der piezoelektrischen Scheibe mit und ohne Aluminiumring ermittelt worden. Der Nachweis läßt sich ebenso durch die numerische Behandlung der Gleichungen (1) bis (3) mit den erwähnten Stetigkeitsbedingungen führen.

In Fig. 4 sind die errechneten Normalspannungen und die daraus ersichtlichen Lagen der Nullstellen derselben dargestellt. In Fig. 5 sind die errechneten radialen Auslenkungen zwischen dem inneren und äußeren Scheibenmantel dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die Auslenkung auf dem äußeren Mantel durch die Anwesenheit des Aluminiumringes vergrößert wird.

Wollte man eine piezoelektrische Ringscheibe (mit gleichem Innendurchmesser und gleicher Dicke) mit einer Radialresonanzfrequenz von 90 kHz fordern, d. h. statt 17,5 mm müßte sie 22,2 mm betragen (Fig. 5). Man entnimmt aus Fig. 5, daß sich die Schnelleamplitude am Außenrand beider Varianten wie $6,6/4,9$ verhalten.

Das bedeutet:

Die radiale Energieabstrahlung infolge des Aluminiumringes ist um das Verhältnis $(6,6/4,9)^2 = 1,8$ größer als bei einer einfachen piezoelektrischen Scheibe mit einer Ringbreite von 22,2 mm, die die gleiche Resonanzfrequenz von 90 kHz besitzen würde.

Erfindungsansprüche

1. Radialresonanzschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation gekennzeichnet dadurch, daß diese auf der Mantelfläche oder den Mantelflächen einer piezoelektrischen Scheibe oder eines piezoelektrischen Zylinders angebracht sind.
2. Radialresonanzschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation nach Punkt 1 gekennzeichnet dadurch, daß diese auf einer oder mehreren Mantelflächen einer ringförmigen piezoelektrischen Scheibe oder piezoelektrischen Hohlzylinders mit beliebiger Querschnittskontur angeordnet sind.
3. Radialresonanzschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation nach Punkt 1 und 2 gekennzeichnet dadurch, daß die Zusatzmassen mit dem piezoelektrischen Material durch einen gießfähigen und aushärtbaren Werkstoff auf der gesamten Kontaktfläche kraftschlüssig verbunden sind.
4. Radialresonanzschwinger mit Zusatzmassen zur Frequenztransformation nach Punkt 3 gekennzeichnet dadurch, daß der plastische Klebstoff eine galvanische Trennung der Elektroden des piezoelektrischen Materials von metallischen Zusatzmassen gewährleistet.

Hierzu 4 Seiten Zeichnung

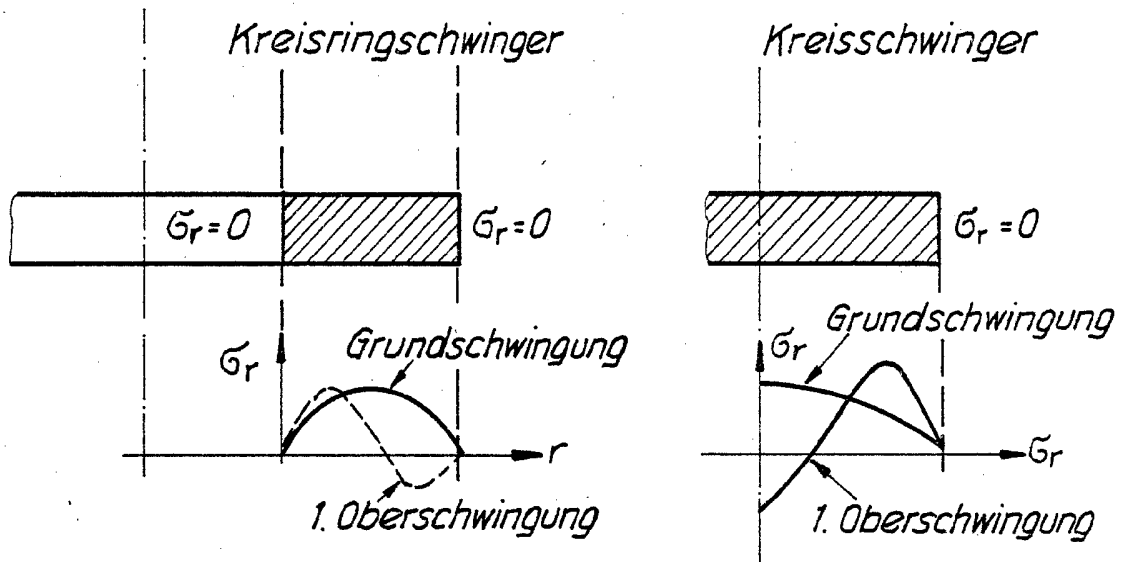


Fig. 1

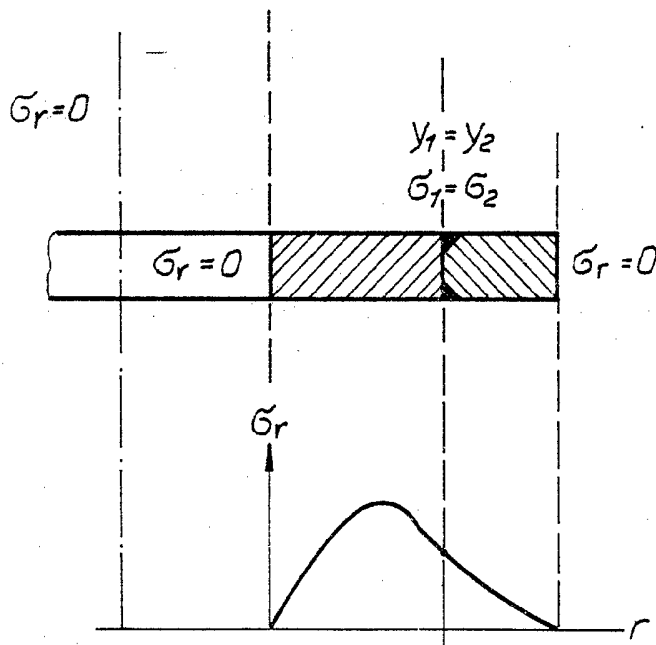


Fig. 2

244812 5

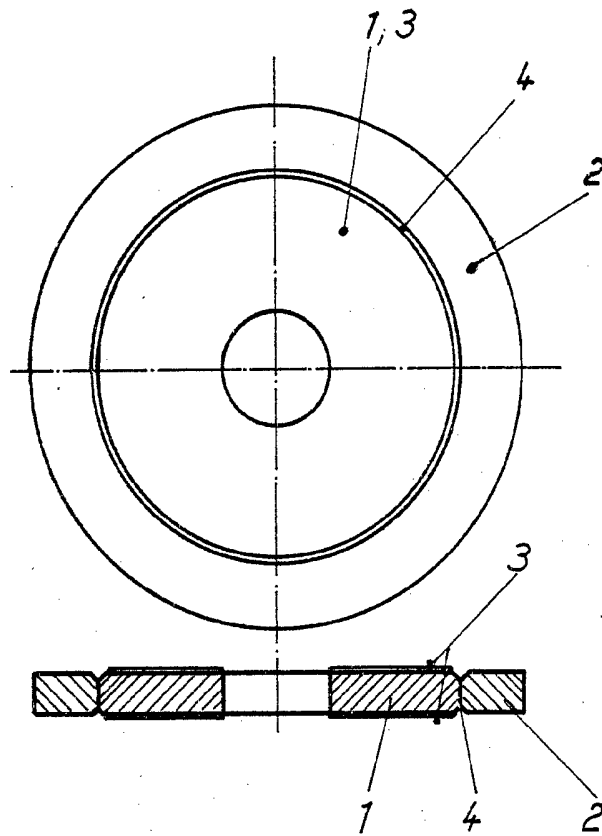


Fig. 3

15. NOV. 1982 * 047658

244842 5

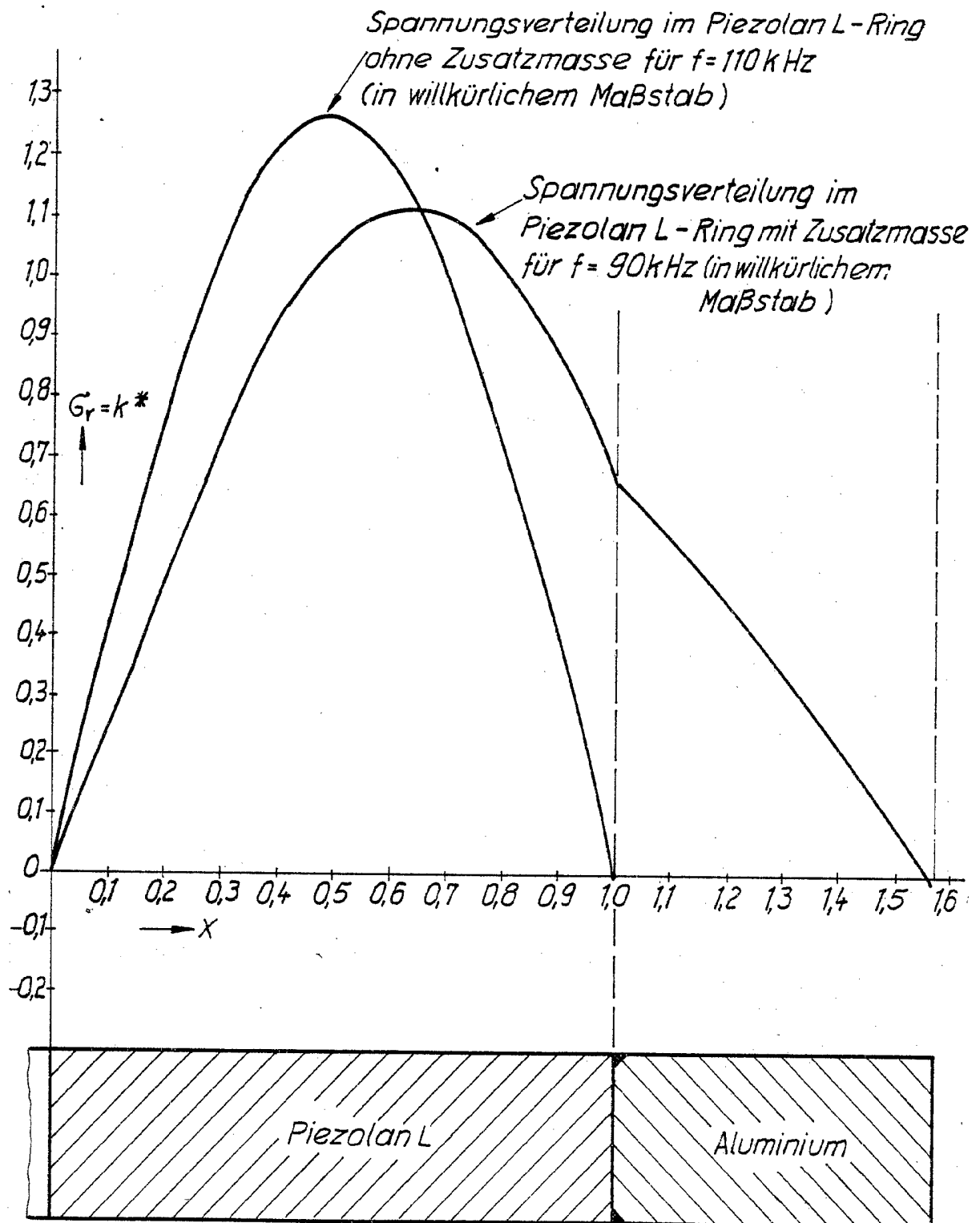


Fig. 4

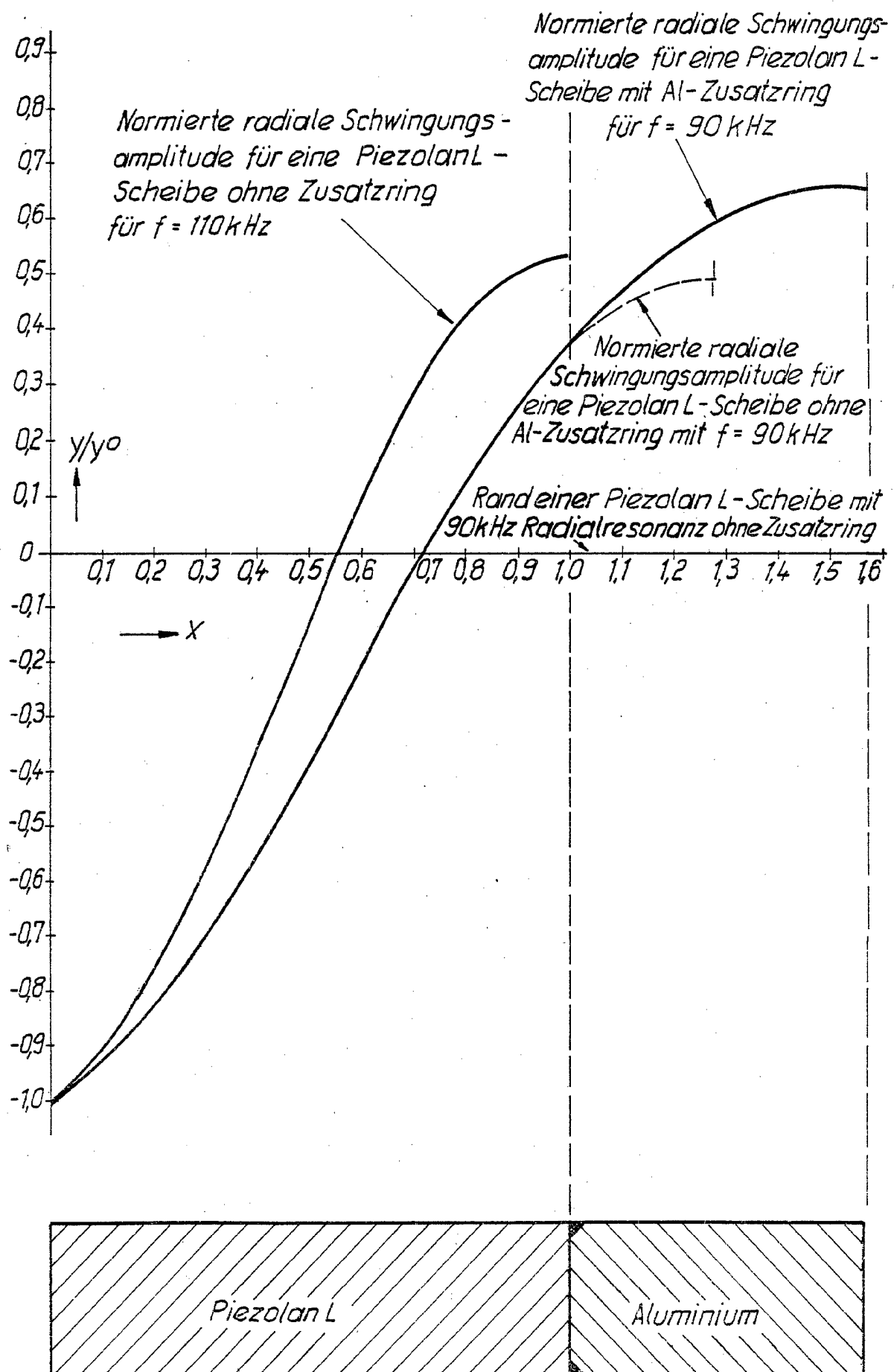


Fig.5