

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 959 453 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.01.2004 Patentblatt 2004/02

(51) Int Cl.7: **G10K 11/178**

(21) Anmeldenummer: **99109724.7**

(22) Anmeldetag: **18.05.1999**

(54) **Aktives Geräuschunterdrückungssystem für lärmabstrahlende Flächen**

Active noise cancellation system for noise-emitting surfaces

Système actif de suppression du bruit pour les surfaces émettant du bruit

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **20.05.1998 DE 19822582**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.11.1999 Patentblatt 1999/47

(73) Patentinhaber: **EADS Deutschland GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(72) Erfinder:
• **Bebesel, Marius**
80333 München (DE)
• **Maier, Rudolf**
83714 Miesbach (DE)
• **Schmidts, Klaus**
81669 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 5 415 522

- **CHARETTE F ET AL: "ACTIVE CONTROL OF SOUND RADIATION FROM A PLATE USING A POLYVINYLIDENE FLUORIDE VOLUME DISPLACEMENT SENSOR" JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 103, Nr. 3, 1. März 1998 (1998-03-01), Seiten 1493-1503, XP000774830 ISSN: 0001-4966**
- **CLARK R L ET AL: "MODAL SENSING OF EFFICIENT ACOUSTIC RADIATORS WITH POLYVINYLIDENE FLUORIDE DISTRIBUTED SENSORS IN ACTIVE STRUCTURAL ACOUSTIC CONTROL APPROACHES" JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 91, Nr. 6, 1. Juni 1992 (1992-06-01), Seiten 3321-3329, XP000256580 ISSN: 0001-4966**
- **VARADAN V V ET AL: "ACTIVE CONTROL OF SOUND RADIATION FROM A VIBRATING STRUCTURE" PROCEEDINGS OF THE ULTRASONICS SYMPOSIUM. LAKE BUENA VISTA, DEC. 8 - 11, 1991, NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2, 8. Dezember 1991 (1991-12-08), Seiten 991-994, XP000393517**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 959 453 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur aktiven Geräuschunterdrückung einer lärmabstrahlenden Fläche gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

[0002] In dem Dokument Charette et al, 'Active Control of Sound Radiation from a Plate Using a Polyvinylidene Fluoride Volume Displacement Sensor', JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, New York, US, Bd. 103, Nr. 3, 1. März 1998 (1998-03-01), Seiten 1493 - 1503, XP000774830, ISSN: 0001-4966, wird eine Vorrichtung zur aktiven Geräuschunterdrückung beschrieben, bei der mehrere Sensoren in Form von PVDF-Folienstreifen auf einer lärmabstrahlenden Fläche angeordnet sind. Dabei sind die Folienstreifen senkrecht zueinander ausgerichtet, um Schwingungen über die Fläche achsenspezifisch zu erfassen. Die Sensoren sind an einen piezoelektrischen Aktuator gekoppelt, der von den Sensoren angesteuert wird.

[0003] In dem Dokument Varadan V V et al, 'Active Control of Sound Radiation from a Vibrating Structure', PROCEEDINGS OF THE ULTRASONICS SYMPOSIUM; LAKE BUENA VISTA, Dec. 8 - 11, 1991, New York, IEEE, US, Bd. 2, 8. Dezember 1991 (1991-12-08), Seiten 991 - 994, XP000393517, wird eine Vorrichtung zur aktiven Steuerung der Geräuschabstrahlung einer Struktur beschrieben, bei der mehrere piezoelektrische Sensoren und Aktuatoren auf einer Platte angeordnet sind. Im Betrieb werden die Signale von zwei nebeneinander liegenden Sensoren addiert.

[0004] Das US-Patent Nr. 5,415,522 zeigt eine aktive Geräuschsteuerung mit Schallquellen zur Erzeugung eines Sekundärfeldes. Ein lärmabstrahlendes Element wird durch Klammern über einen inneren Wandabschnitt gehalten.

[0005] Ein weiteres System zur Reduktion der Schallabstrahlung einer ebenen Fläche wird beispielsweise von M.E. Johnson und S.J. Elliott in Journal of Acoustic Society of America, 98 (4), Oct. 1995 unter dem Titel "Active Control of Sound Radiation Using Volume Velocity Cancellation" beschrieben. Hierbei kommt ein Schnellessensor zur Anwendung, der sich ebenso wie der Aktuator über die gesamte Fläche erstreckt und nur ungeradzählige Schwingungsmoden, insbesondere die Grundmode (1,1) erfasst und diesen Schwingungen mittels des Aktuators entgegenwirkt. Schwingt die lärmabstrahlende Fläche mit höheren Schwingungsmoden, bei denen auch nur eine Komponente geradzahlig ist, also z.B. (1,2)-, (2,3)-, usw.-Moden, so liefert ein derartiger flächenintegrierender Sensor kein Ausgangssignal mehr, da die Integration über alle Schwingungsberge und -täler das Summensignal 0 ergibt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich bei steigender Anregungsfrequenz einer schwingenden Platte auch der Abstrahlungsgrad von solchen Schwingungsmoden erhöht, welche zumindest eine ungeradzählige Komponente aufweisen, z.B. (1,2)-, (1,3)-, (2,3)-, (3,3)-, ... usw. -Mo-

den.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zur aktiven Geräuschunterdrückung zu schaffen, mittels welcher Schwingungsmoden mit zumindest einer ungeradzähligen Komponente erfasst und unterdrückt werden können.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtung zur aktiven Geräuschunterdrückung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Die Erfindung verwendet zum Beispiel achsenspezifisch integrierende Schnellessensoren, welche im einfachsten Fall aus streifenförmigen Piezofolien hergestellt sind. Sobald längs einer Achse einer mit einem derartigen Sensor belegten Fläche eine Schwingungsmoden mit einer ungeradzähligen Komponente auftritt, ist das Summensignal an diesem Sensor nicht mehr 0, so dass ein entsprechend angesteuerter Aktuator dieser Schwingungsmoden entgegenwirken kann.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 ein aktives System zur Geräuschunterdrückung mit zwei achsenspezifischen Schnellessensoren;

Fig. 2 streifenförmige, achsenspezifische Schnellessensoren auf einer Struktur;

Fig. 3 matrixförmig angeordnete Schnellessensoren auf einer Struktur gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung; und

Fig. 4a und 4b aktive Vorzeilelemente zur Geräuschunterdrückung.

[0009] Bei der in Fig. 1 dargestellten Vorrichtung sind auf einer Platte 1, die beispielsweise ein Struktur- oder Karosserieteil sein kann und die durch eine Störquelle 2, z.B. ein Verbrennungsmotor, zu Schwingungen angeregt wird, zwei piezoelektrische Folien 3 und 4 übereinander aufgebracht. Die piezoelektrischen Folien 3 und 4 bestehen beispielsweise aus gerecktem PVDF, welche aufgrund ihres Herstellungsprozesses unidirektionale piezoelektrische Eigenschaften haben. Die beiden Folien 3 und 4 sind so übereinander angeordnet, dass ihre durch Pfeile dargestellten piezoelektrischen Vorzugsrichtungen in der Plattenebene senkrecht zueinander orientiert sind. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist somit die Folie 3 für Auslenkungen der Plattenoberfläche in x-Richtung empfindlich und die Folie 4 für Auslenkungen in y-Richtung.

[0010] Die durch die Folien 3 und 4 erzeugten Spannungssignale werden einem Regler 5 zugeführt, der die Signale nach bekannten Verfahren verarbeitet und einen Aktuator 6 ansteuert. Der Aktuator 6 kann entweder punktförmig oder flächenförmig auf die Platte 1 einwirken und zwar derart, dass schwingungsbedingten Auslenkun-

gen der Platte entgegengewirkt wird. Für eine sogenannte "Feed Forward"-Regelung können auch die Schwingungssignale der Störquelle 2 erfasst und dem Regler zugeführt werden.

[0011] Aufgrund der achsenselktiven integrierenden Wirkung der beiden Folien 3 und 4 wird nicht nur die Grundmode der schwingenden Platte erfasst sondern auch solche Moden, die entweder in der x- oder y-Richtung eine ungerade Modenzahl aufweisen. Nur bei geraden Modenzahlen ist in der jeweiligen Richtung das Summensignal auf der dieser Richtung zugeordneten Folie 0.

[0012] Anstelle von großflächigen, gereckten PVDF-Folien können die achsenselktiv integrierenden Schnellesensoren auch aus streifenförmigen Folien gemäß Fig. 2 hergestellt sein. Dies hat den Vorteil, daß auch stark gekrümmte Flächen problemlos belegt werden können. Hierzu sind auf einer Platte 21 zwei Schichten von piezoelektrischen Folienstreifen kreuzweise übereinander aufgeklebt, wobei die Folienstreifen 23 der ersten Schicht die Schnelle in x-Richtung erfassen und integrieren und die darüberliegenden Streifen 24 der zweiten Schicht der y-Richtung zugeordnet sind. Die Streifen 23 bzw. 24 jeweils einer Schicht sind untereinander elektrisch verbunden, so daß an den jeweiligen Ausgangsleitungen das Summensignal aller piezoelektrischer Streifen einer Schicht anliegt.

[0013] Bei dem im Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Schnelle einer Platte 31 punktförmig mittels einzelner Sensoren 32 erfaßt, welche matrixförmig über die Oberfläche der Platte 31 verteilt sind. Hierzu eignen sich auf der Oberfläche der Platte 31 aufgeklebte Beschleunigungssensoren, welche zeilen- und spaltenweise untereinander elektrisch verbunden sind. Die Sensoren der oberen Zeile liefern dann beispielsweise ein erstes Summensignal S_{1x} , die der zweiten Zeile das Signal S_{2x} usw; entsprechend liefern die Sensoren der linken Spalte das Summensignal S_{1y} , die der nächsten Spalte das Summensignal S_{2y} usw. Da sich lokale Schnellewerte mit unterschiedlichen Vorzeichen im Summensignal gegenseitig aufheben bzw. nur als Differenzwert in Erscheinung treten, liefert das über alle Zeilen bzw. Spalten zusammengefaßte Summensignal S_x bzw. S_y jeweils eine Aussage darüber, ob auf der Platte Schwingungsmoden aufgetreten sind, die insgesamt eine lärmabstrahlende Wirkung haben. Der Zeilen- bzw. Spaltenabstand des aus den Beschleunigungssensoren 32 aufgebauten Meßgitters muß an die Struktur und an den Frequenzbereich angepaßt werden, in dem Schallreduktion erwünscht ist. Um möglichst hohe Modenordnungen aufzulösen, sollte der Abstand d kleiner als ein Viertel der Strukturwellenlänge λ der höchsten Mode betragen. Anstelle von Beschleunigungssensoren können auch entsprechend kleindimensionierte Dehnmeßstreifen, Piezokeramiken oder Piezofolien verwendet werden.

[0014] Das in den Figuren 4 a und b gezeigte Ausführungsbeispiel besteht aus einzelnen Vorsatzelementen

42, die auf einer Platte 41 möglichst flächendeckend angeordnet sind. Jedes Vorsatzelement besteht gemäß Fig. 4b aus einer harten Schale 42.1, welche mit Seitenwänden 42.2 versehen ist, die ihrerseits auf der Platte 41 aufliegen und zusammen mit der Schale 42.1 einen Hohlraum 43 bilden. Die Schale 42.1 ist entsprechend den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 1, 2 oder 3 mit achsenselktiven Schnellesensoren 44 bzw. 45 belegt, deren Signale einer Regelung 46 zugeführt werden. Diese steuert einen Aktuator 47, der zentral auf die Schale 42.1 einwirkt.

[0015] Derartige Vorsatzelemente eignen sich zur Geräuschunterdrückung insbesondere von komplex schallabstrahlenden Strukturen, bei denen das Schwingungs- und Abstrahlverhalten nur schwer bestimmt werden kann. In diesen Fällen werden die gezeigten Vorsatzelemente durch die Schwingungen und den abgestrahlten Schall der eigentlich schwingenden Struktur (Platte 41) ihrerseits angeregt. Das in den Vorsatzelementen integrierte aktive System reduziert deren Lärmabstrahlung und somit die Schallabstrahlung der Struktur selbst.

25 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur aktiven Geräuschunterdrückung einer lärmabstrahlenden Fläche (31; 41), mit mehreren Schnellesensoren (32), die in Form einer Matrix auf der Fläche (31; 41) angeordnet sind, um Schwingungen der Fläche in zwei orthogonalen Richtungen (x, y) zu erfassen, und mindestens einem, durch Signale der Schnellesensoren ansteuerbaren Aktuator (6, 47) zur Einwirkung auf die Fläche (31; 41), wobei die Matrix mindestens zwei Zeilen und mindestens zwei Spalten von Schnellesensoren (32) umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnellesensoren (32) derart elektrisch geschaltet sind, dass aus den Signalen (S_{1x} , S_{2x} , S_{3x} , S_{4x}) aller Zeilen der Matrix ein zusammengefasstes Summensignal (S_x) für die erste Richtung (x) gebildet wird, und aus den Signalen (S_{1y} , S_{2y} , S_{3y} , S_{4y}) aller Spalten der Matrix ein zusammengefasstes Summensignal (S_y) für die zweite Richtung (y) gebildet wird, wobei die jeweils über alle Zeilen und Spalten zusammengefassten Summensignale (S_x , S_y) den Aktuator (6; 47) ansteuern.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnellesensoren (32) durch mehrere punktförmige Beschleunigungs- oder Deformationsaufnehmer gebildet werden.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schnellesensoren (44, 45) und der Aktuator (47) auf einer harten Schale (42.1) angeordnet sind, welche über Seitenwände (42.2)

unter Bildung eines Hohlraumes (43) mit der lärm-abstrahlenden Fläche (41) verbindbar sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere nebeneinander angeordnete Schalen (42.1) ein flächendeckendes Muster bilden.

Claims

1. A device for the active noise suppression of a noise-radiating surface (31; 41) comprising a plurality of velocity sensors (32) which are arranged on the surface (31; 41) in the form of a matrix in order to detect vibrations of the surface in two orthogonal directions (x, y), and at least one actuator (6, 47), controllable by means of signals of the velocity sensors, for acting on the surface (31; 41), wherein the matrix comprises at least two rows and at least two columns of velocity sensors (32), **characterised in that** the velocity sensors (32) are connected electrically such that a combined composite signal (S_x) for the first direction (x) is formed from the signals (S_{1x} , S_{2x} , S_{3x} , S_{4x}) of all the rows of the matrix, and a combined composite signal (S_y) for the second direction (y) is formed from the signals (S_{1y} , S_{2y} , S_{3y} , S_{4y}) of all the columns of the matrix, wherein the composite signals (S_x , S_y) respectively combined over all the rows and columns control the actuator (6; 47).
2. A device according to Claim 1, **characterised in that** the velocity sensors (32) are formed by a plurality of point-shaped acceleration or deformation pickups.
3. A device according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the velocity sensors (44, 45) and the actuator (47) are arranged on a hard shell (42.1) connectible via side walls (42.2) to the noise-radiating surface (41), forming a hollow space (43).
4. A device according to Claim 3, **characterised in that** a plurality of shells (42.1) arranged side by side form a surface-covering pattern.

Revendications

1. Dispositif de réduction active de bruit d'une surface de rayonnement sonore (31 ; 41), comprenant plusieurs capteurs rapides (32) qui sont disposés sur la surface (31 ; 41) sous forme d'une matrice pour détecter des vibrations de la surface dans deux directions orthogonales (x, y) et au moins un actuateur (6, 47) amorçable par des signaux de capteurs rapides pour agir sur la surface (31 ; 41),

dans lequel la matrice comprend au moins deux lignes et au moins deux colonnes de capteurs rapides (32),

caractérisé en ce que

les capteurs rapides (32) sont connectés électriquement de telle sorte qu'un signal des sommes (S_x) réunies pour la première direction (x) est formé à partir des signaux (S_{1x} , S_{2x} , S_{3x} , S_{4x}) de toutes les lignes de la matrice et qu'un signal des sommes (S_y) réunies pour la seconde direction (y) est formé à partir des signaux (S_{1y} , S_{2y} , S_{3y} , S_{4y}) de toutes les colonnes de la matrice, dans lequel les signaux des sommes (S_x , S_y) réunies respectivement par toutes les lignes et colonnes amorcent l'actuateur (6 ; 47).

2. Dispositif selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les capteurs rapides (32) sont formés de plusieurs détecteurs d'accélération ou de déformation en forme de points.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2,

caractérisé en ce que

les capteurs rapides (44, 45) et l'actuateur (47) sont disposés sur une coque rigide (42.1) qui est reliée à la surface de rayonnement sonore (41) avec des parois latérales (42.2) par la formation d'une cavité (43).

4. Dispositif selon la revendication 3,

caractérisé en ce que

plusieurs coques (42.1) disposées les unes à côté des autres forment un motif recouvrant la surface.

Fig.1

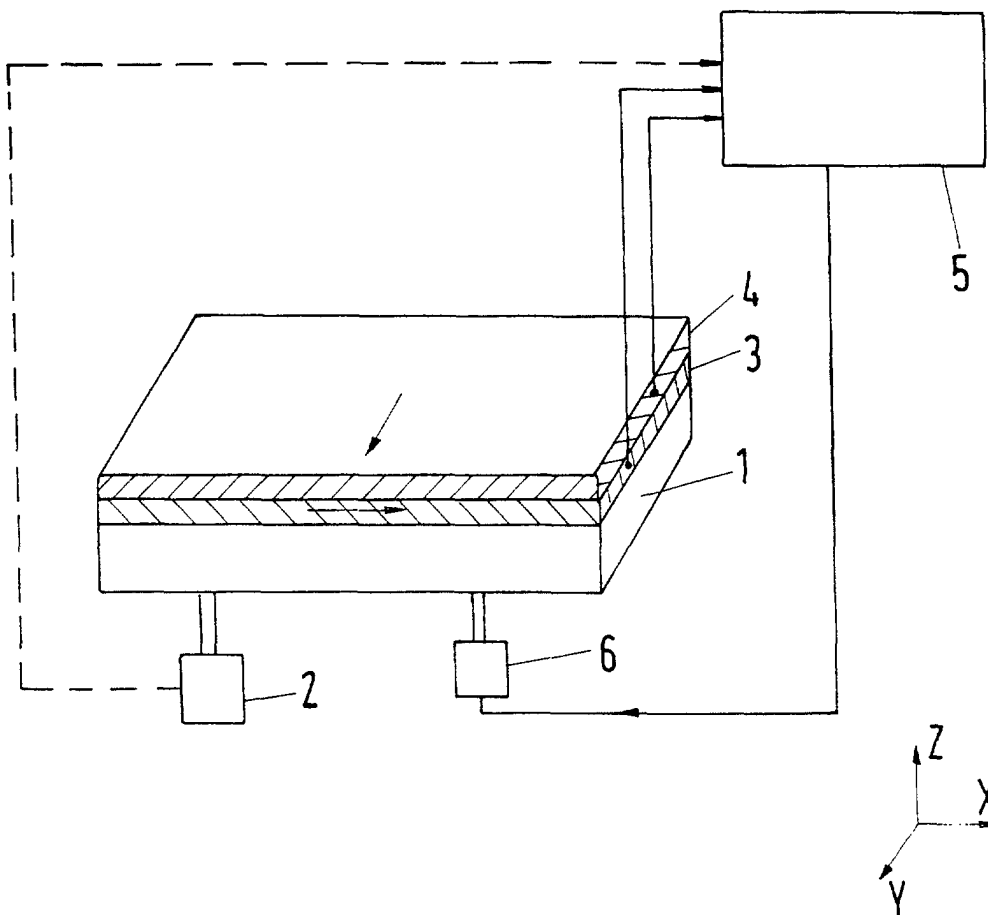


Fig.2

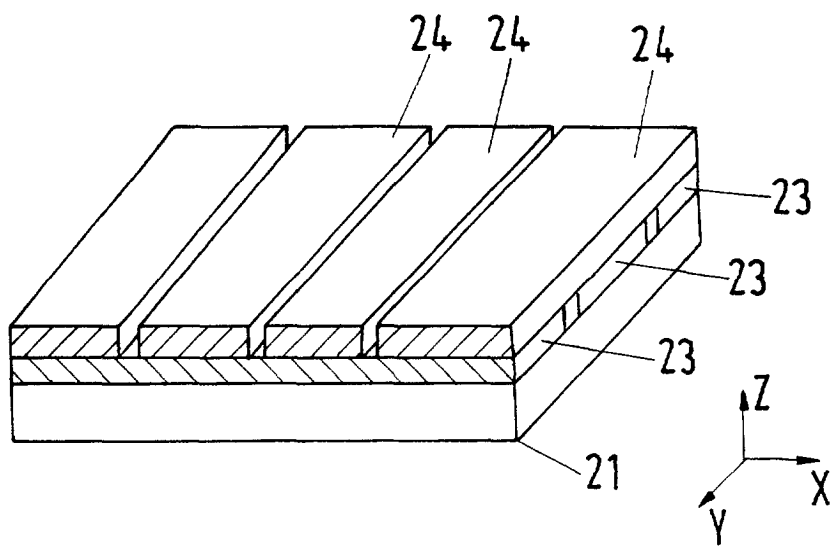


Fig.3

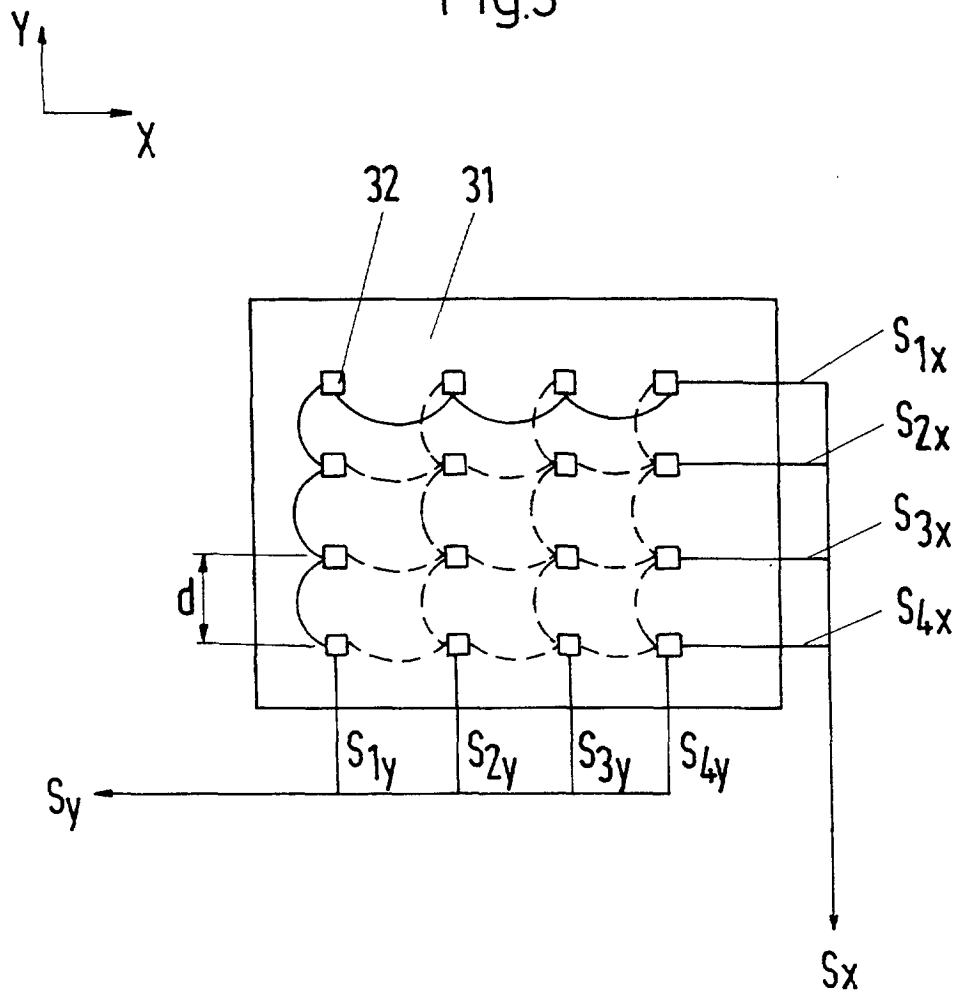


Fig.4

