



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 796 669 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.09.1997 Patentblatt 1997/39

(51) Int. Cl.⁶: B06B 1/06

(21) Anmeldenummer: 97103948.2

(22) Anmeldetag: 10.03.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR LI NL SE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(30) Priorität: 19.03.1996 DE 19610803

(72) Erfinder: Ritter, Joachim, Dipl.-Ing.
91077 Neunkirchen am Brand (DE)

(54) **Ultraschallwandler**

(57) Der Ultraschallwandler enthält einen piezoelektrischen Körper (2), der an einer ersten Flachseite (4) mit voneinander elektrisch getrennten ersten Elektroden (8) versehen ist. Gemäß der Erfindung sind diesen ersten Elektroden (8) auf der von der ersten Flachseite (4) abgewandten zweiten Flachseite (6) voneinander und von den ersten Elektroden (8) elektrisch getrennte zweite Elektroden (10) derart zugeordnet,

daß sich die ersten Elektroden (8) und die zweiten Elektroden (10) in einer Draufsicht auf eine der Flachseiten gesehen jeweils in wenigstens einem Teilbereich überdecken. Ein Ultraschallwandler mit diesen Merkmalen ist vielseitig einsetzbar und kann einfach hergestellt werden.

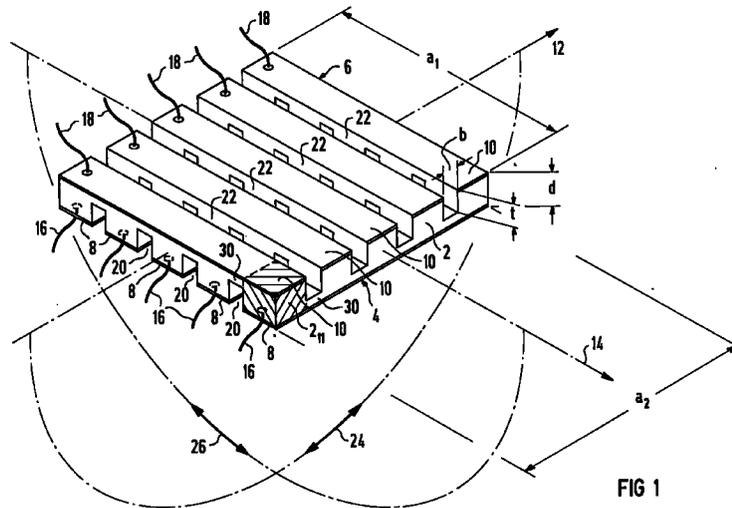


FIG 1

EP 0 796 669 A2

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen Ultraschallwandler für die zerstörungsfreie Ultraschallprüfung.

Bei der zerstörungsfreien Ultraschallprüfung ist es in der Regel erforderlich, größere Bereiche eines Werkstücks nach unterschiedlichen Fehlerarten zu analysieren. Hierzu ist es notwendig, den Ultraschall in unterschiedlichen Prüfpositionen und Prüfrichtungen an die Werkstückoberfläche anzukoppeln. Um die Anzahl der für eine Werkstoffprüfung erforderlichen Ultraschallprüfköpfe und der mit diesen erforderlichen Positionswechsel zu verringern, ist es bekannt, Prüfköpfe zu verwenden, die mehrere nebeneinander angeordnete Ultraschallwandlerelemente enthalten. Solche als Array bezeichneten Ultraschallwandleranordnungen ermöglichen es, durch phasenverzögerte Ansteuerung der einzelnen Wandlerelemente Ultraschallsignale in unterschiedliche Richtungen in das Werkstück einzukoppeln und aus unterschiedlichen Richtungen zu empfangen.

So ist mit einem linearen Ultraschallwandler-Array ein Schwenk in einer Ebene im Werkstück möglich, die sich parallel zur Längsrichtung des Ultraschallwandler-Arrays erstreckt und je nach geometrischer Form eines Vorlaufkörpers zwischen dem Ultraschallwandler-Array und der Werkstückoberfläche, beispielsweise ein Vorlaufkeil, in einem vorbestimmten Winkelbereich zur Oberfläche des Werkstücks verläuft.

Während bei linearen Ultraschallwandler-Arrays ein Schwenk nur in einer Ebene vorgenommen werden kann, ermöglichen matrixförmige Ultraschallwandler-Arrays, wie sie beispielsweise aus der EP 0 196 839 A2 oder der US-A-4,801,835 bekannt sind, einen Schwenk in zwei zueinander orthogonalen Ebenen, so daß mit matrixförmigen Ultraschallwandler-Arrays ohne Prüfkopfwechsel und ohne Ortswechsel des Prüfkopfes ein großer Bereich des Werkstücks nach unterschiedlichen Fehlern untersucht werden kann. Solche matrixförmigen Ultraschallwandler-Arrays erfordern jedoch bei der Herstellung einen hohen Aufwand, da das Bonden der innenliegenden Wandlerelemente und das Führen der elektrischen Leitungen zu den Elektroden dieser Wandlerelemente schwierig ist. Darüber hinaus erfordern solche matrixförmigen Ultraschallwandler-Arrays ein Steuergerät, das eine der Anzahl der Wandlerelemente entsprechende Anzahl von Kanälen unabhängig ansteuern kann. In der Praxis haben matrixförmige Ultraschallwandler-Arrays eine große Anzahl, in der Regel wenigstens 64 Wandlerelemente. Diese große Anzahl von Wandlerelementen ist notwendig um bei einem Schwenk in einer Ebene eine hinreichende Richtcharakteristik erzeugen zu können.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen Ultraschallwandler für die zerstörungsfreie Ultraschallprüfung anzugeben, der einfach hergestellt und mit geringem technischen Aufwand gesteuert werden kann und hinsichtlich seiner technischen Eigenschaften und seiner Einsatzmöglichkeiten einem matrixförmigen

Ultraschallwandler-Array möglichst nahe kommt. Der Erfindung liegt außerdem die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Ultraschallwandlers anzugeben.

Die erstgenannte Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Die zweitgenannte Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Patentanspruches 7.

Bei einem Ultraschallwandler gemäß der Erfindung ist ein piezoelektrischer Körper an einer ersten Flachseite mit voneinander elektrisch getrennten ersten Elektroden versehen, denen an der von der ersten Flachseite abgewandten zweiten Flachseite voneinander und von den ersten Elektroden elektrisch getrennte zweite Elektroden derart zugeordnet sind, daß sich die ersten Elektroden und die zweiten Elektroden in einer Draufsicht auf eine der Flachseiten gesehen jeweils in wenigstens einem Teilbereich überdecken. Durch diese Maßnahme wird ein matrixförmiges Ultraschallwandler-Array nachgebildet, deren einzelne Wandlerelemente durch die einander überdeckenden Teilbereiche festgelegt sind.

Vorzugsweise ist der piezoelektrische Körper zwischen den Elektroden mit Nuten versehen ist, die diese räumlich voneinander trennen. Dadurch wird zusätzlich zu einer elektrisch Trennung eine akustische Trennung der einzelnen Wandlerelemente ermöglicht.

Insbesondere ist die Tiefe der Nuten größer als die halbe Dicke des piezoelektrischen Körpers.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erstrecken sich die ersten Elektroden in eine erste Längsrichtung und sind in dieser ersten Längsrichtung parallel zueinander angeordnet. Die zweiten Elektroden erstrecken sich in dieser Ausführungsform in einer von dieser ersten Längsrichtung verschiedenen zweiten Längsrichtung und sind in dieser zweiten Längsrichtung parallel zueinander angeordnet.

Vorzugsweise sind die erste und die zweite Längsrichtung senkrecht zueinander orientiert.

Der piezoelektrische Körper besteht insbesondere aus einer Piezokeramik.

Bei dem Verfahren zum Betreiben des Ultraschallwandlers gemäß der Erfindung wird durch Ansteuerung einer vorherbestimmten Auswahl einander gegenüberliegender Elektroden ein Teilbereich des piezoelektrischen Körpers zum Senden oder Empfangen von Ultraschallwellen aktiviert. Insbesondere werden phasenverzögert vorbestimmte Teilbereiche aktiviert. Auf diese Weise können elektronische Schwenks in einer Vielzahl von Einschellebenen durchgeführt werden.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Ausführungsbeispiele der Zeichnung verwiesen, in deren

FIG 1 ein Ultraschallwandler gemäß der Erfindung in einer räumlichen Darstellung schematisch veranschaulicht ist. In

FIG 2 ist anhand einer Draufsicht die Funktions-

weise des Ultraschallwandlers erläutert.

FIG 3 und 4 zeigen anhand schematischer Darstellungen beispielhaft weitere Ansteuerungsmöglichkeiten eines Ultraschallwandlers gemäß der Erfindung.

Gemäß Figur 1 ist ein Ultraschallwandler aus einem flachen piezoelektrischen Körper 2 aufgebaut, der jeweils an seinen einander gegenüberliegenden Flachseiten 4 und 6 mit streifenförmigen Elektroden 8 bzw. 10 versehen sind.

Die Elektroden 8 erstrecken sich parallel zu einer ersten Längsrichtung 12 und die Elektroden 10 erstrecken sich parallel zu einer dazu senkrechten zweiten Längsrichtung 14, so daß sie sich in einer Draufsicht auf den piezoelektrischen Körper 2 gesehen an den Kreuzungspunkten in einem Teilbereich ihrer Fläche überdecken. Jede streifenförmige Elektrode 8,10 wird somit von jeder gegenüberliegenden Elektrode 10 bzw. 8 in einer Draufsicht gesehen in einem Teilbereich überdeckt. Die Elektroden 8 und 10 sind auf den Flachseiten 4 bzw. 6 jeweils voneinander beabstandet und gegeneinander elektrisch isoliert angeordnet und sind jeweils am Rand des piezoelektrischen Körpers 2 mit elektrischen Leitungen 16 bzw. 18 kontaktiert.

Durch die zueinander orthogonalen Elektroden 8, 10 wird der piezoelektrische Körper 2 in eine Vielzahl einzelner elektrisch voneinander getrennter rechteckiger Wandlerelemente 2_{ij} zerlegt, die jeweils durch die sich überdeckenden Teilbereiche dieser Elektroden 8, 10 gebildet sind, und von denen in der Figur durch Schraffur ein Wandlerelement 2_{11} hervorgehoben ist.

Im Ausführungsbeispiel ist ein aus einer Piezokeramik bestehender piezoelektrischer Körper 2 vorgesehen, der auf seinen beiden Flachseiten 4 und 6 jeweils mit Nuten 20 bzw. 22 versehen ist, die sich parallel zu den streifenförmigen Elektroden 8 bzw. 10 erstrecken. Die Nuten 20, 22 sind jeweils zwischen einander benachbarten Elektroden 8 bzw. 10 angeordnet. Mit diesen Nuten 20, 22 werden zugleich die auf einer Flachseite 4 bzw. 6 angeordneten Elektroden 8 bzw. 10 voneinander elektrisch getrennt.

Die im Ausführungsbeispiel gemäß der Figur dargestellten Nuten 20 und 22 haben einen u-förmigen oder rechteckförmigen Querschnitt und können beispielsweise durch Sägen hergestellt werden. Es können jedoch auch durch schräge Sägeschnitte erzeugte v-förmige Nuten vorgesehen sein. Die Tiefe T der Längsnuten 20, 22 ist vorzugsweise größer als die halbe Dicke d des piezoelektrischen Körpers 2. In einer typischen Ausführungsform (2 Mhz) hat der piezoelektrische Körper 2 eine Kantenlänge $a_1 = a_2 = 25$ mm und eine Dicke $d = 0,95$ mm und ist an seinen Flachseiten 4, 6 jeweils mit acht Elektroden 8 bzw. 10 versehen, die durch Nuten 20 bzw. 22 mit einer Breite $b = 0,1$ mm und einer Tiefe $t = 0,6$ mm voneinander getrennt sind. Die auf diese Weise gebildeten säulenförmigen Wandlerelemente 2_{ij} sind jeweils nur noch durch sehr dünne

Brücken 30 mit den benachbarten Wandlerelementen 2_{ij} verbunden. Durch die Nuten 20, 22 werden somit die im Überlappbereich der Elektroden 8,10 gebildeten Wandlerelemente 2_{ij} zusätzlich akustisch entkoppelt.

Im Ausführungsbeispiel ist der piezoelektrische Körper 2 quadratisch ($a_1 = a_2$). In einer anderen Ausführungsform kann auch ein rechteckiger piezoelektrischer Körper mit voneinander verschiedener Kantenlänge ($a_1 \neq a_2$) vorgesehen sein.

Durch die orthogonale Anordnung der einander gegenüberliegenden Elektroden 8 und 10 werden somit zwei aufeinander angeordnete „verzahnte“ lineare Ultraschallwandler-Arrays nachgebildet, die bezogen auf ihre Längsrichtung senkrecht zueinander orientiert sind und dementsprechend einen Schwenk in zueinander senkrechten, in der Figur durch Doppelpfeile 24 bzw. 26 veranschaulichten Ebenen ermöglichen.

In der schematischen Draufsicht gemäß Figur 2 ist zu erkennen, daß sich durch die fünf streifenförmigen Elektroden 8_1 bis 8_5 und die auf der gegenüberliegenden Flachseite des Ultraschallwandlers angeordneten senkrecht dazu angeordneten streifenförmigen Elektroden 10_1 bis 10_5 eine matrixförmige Anordnung von Wandlerelementen 2_{ij} ergibt, von denen in der Figur beispielhaft das Element 2_{24} mit einem Bezugszeichen versehen ist. Sie werden als einzelnes Wandlerelement 2_{ij} elektrisch aktiviert, wenn durch eine in der Figur nicht dargestellte Steuergeräts über eine einzige Steuerleitung 16_i ein Elektrodenstreifen 8_i auf einer Flachseite des piezoelektrischen Körpers 2 und über eine einzige Steuerleitung 18_j ein Elektrodenstreifen 10_j auf der gegenüberliegenden Flachseite angesteuert werden. In der Figur ist dies durch Schraffuren veranschaulicht, die sich im Bereich des aktivierten Wandlerelementes 2_{ij} , in der Figur das Wandlerelement 2_{24} , zu einer Kreuzschraffur überlagern.

Auf diese Weise kann durch ein aus m Elementen aufgebautes lineares Ultraschallwandler-Array und ein weiteres darauf oder darunter angeordnetes, aus n Elementen aufgebautes lineares Ultraschallwandler-Array ein aus $m \times n$ Elementen aufgebautes matrixförmiges Ultraschallwandler-Array zumindest annähernd nachgebildet werden, wobei die zur Ansteuerung erforderliche Anzahl der unabhängigen Kanäle des Steuergeräts von $m \times n$ auf $m + n$ reduziert wird. Der Ultraschallwandler läßt sich darüber hinaus auch einfacher herstellen als ein matrixförmiges Ultraschallwandler-Array, da eine Kontaktierung der Ultraschallwandler wie bei einem einfachen linearen Ultraschallwandler-Array an den Randflächen erfolgen kann.

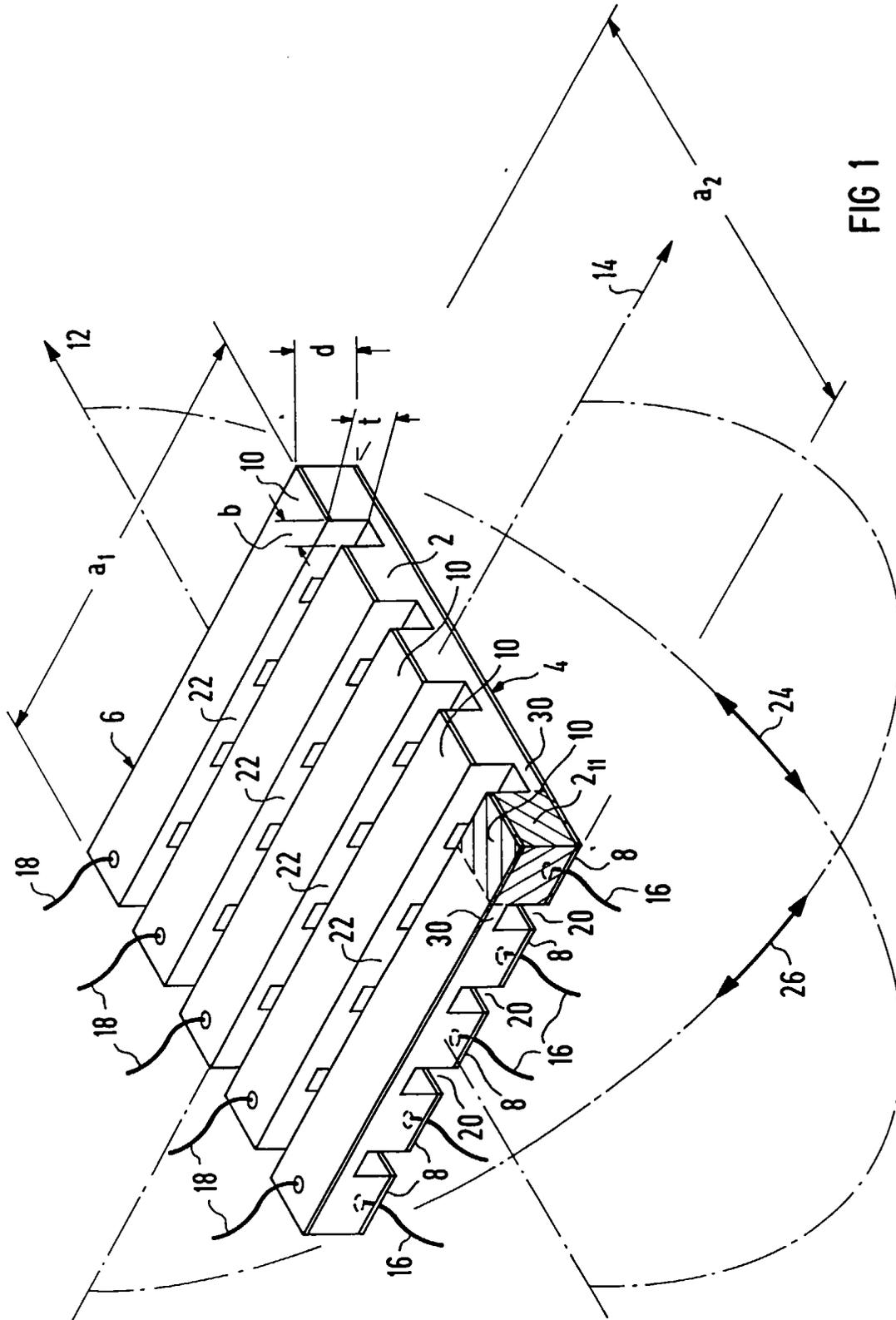
In FIG 3 ist eine Ansteuerung veranschaulicht, bei der alle Elektroden 10_1 bis 10_5 auf einer Flachseite und nur eine Elektrode, im Beispiel die Elektrode 8_4 , auf der gegenüberliegenden Flachseite aktiviert sind, so daß die Elemente einer ganzen Zeile aktiviert sind. Durch phasenverzögertes Ansteuern der Elektroden 8_1 bis 8_5 kann ein Schwenk senkrecht zur Zeichenebene und parallel zur zweiten Längsrichtung 14 vorgenommen werden.

Durch Ansteuern unterschiedlicher Zeilen und Spalten können ähnlich wie bei einem matrixförmigen Ultraschallwandler-Array unterschiedliche Konfigurationen aktiviert werden, wie es beispielsweise in FIG 4 veranschaulicht ist, in der die Elemente 2_{24} , 2_{23} , 2_{34} und 2_{33} aktiv sind. Auf diese Weise kann auch ein Schwenk in Diagonalrichtung durchgeführt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem phasenverzögert vorbestimmte Teilbereiche aktiviert werden.

Patentansprüche

1. Ultraschallwandler für die zerstörungsfreie Ultraschallprüfung, bei dem ein piezoelektrischer Körper (2) an einer ersten Flachseite (4) mit voneinander elektrisch getrennten ersten Elektroden (8) versehen ist, denen an der von der ersten Flachseite (4) abgewandten zweiten Flachseite (6) voneinander und von den ersten Elektroden (8) elektrisch getrennte zweite Elektroden (10) derart zugeordnet sind, daß sich die ersten Elektroden (8) und die zweiten Elektroden (10) in einer Draufsicht auf eine der Flachseiten gesehen jeweils in wenigstens einem Teilbereich überdecken.
2. Ultraschallwandler nach Anspruch 1, bei dem der piezoelektrische Körper (2) zwischen den Elektroden (8, 10) mit Nuten (20, 22) versehen ist, die jeweils die Elektroden (8, 10) einer Flachseite (4 bzw. 6) räumlich voneinander trennen.
3. Ultraschallwandler nach Anspruch 2, bei dem die Tiefe (t) der Nuten (20, 22) größer ist als die halbe Dicke (d) des piezoelektrischen Körpers (2).
4. Ultraschallwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich die ersten Elektroden (8) in eine erste Längsrichtung (12) erstrecken und in dieser ersten Längsrichtung (12) parallel zueinander angeordnet sind, und bei dem sich die zweiten Elektroden (10) in einer von dieser ersten Längsrichtung (12) verschiedenen zweiten Längsrichtung (14) erstrecken und in dieser zweiten Längsrichtung (14) parallel zueinander angeordnet sind.
5. Ultraschallwandler nach Anspruch 4, bei dem die erste und die zweite Längsrichtung (12 bzw. 14) senkrecht zueinander orientiert sind.
6. Ultraschallwandler nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der piezoelektrische Körper (2) aus einer Piezokeramik besteht.
7. Verfahren zum Betreiben eines Ultraschallwandlers nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem durch Ansteuerung einer vorherbestimmten Auswahl einander gegenüberliegender Elektroden (8, 10) ein Teilbereich des piezoelektrischen Körpers (2) zum Senden oder Empfangen von Ultraschallwellen aktiviert wird.



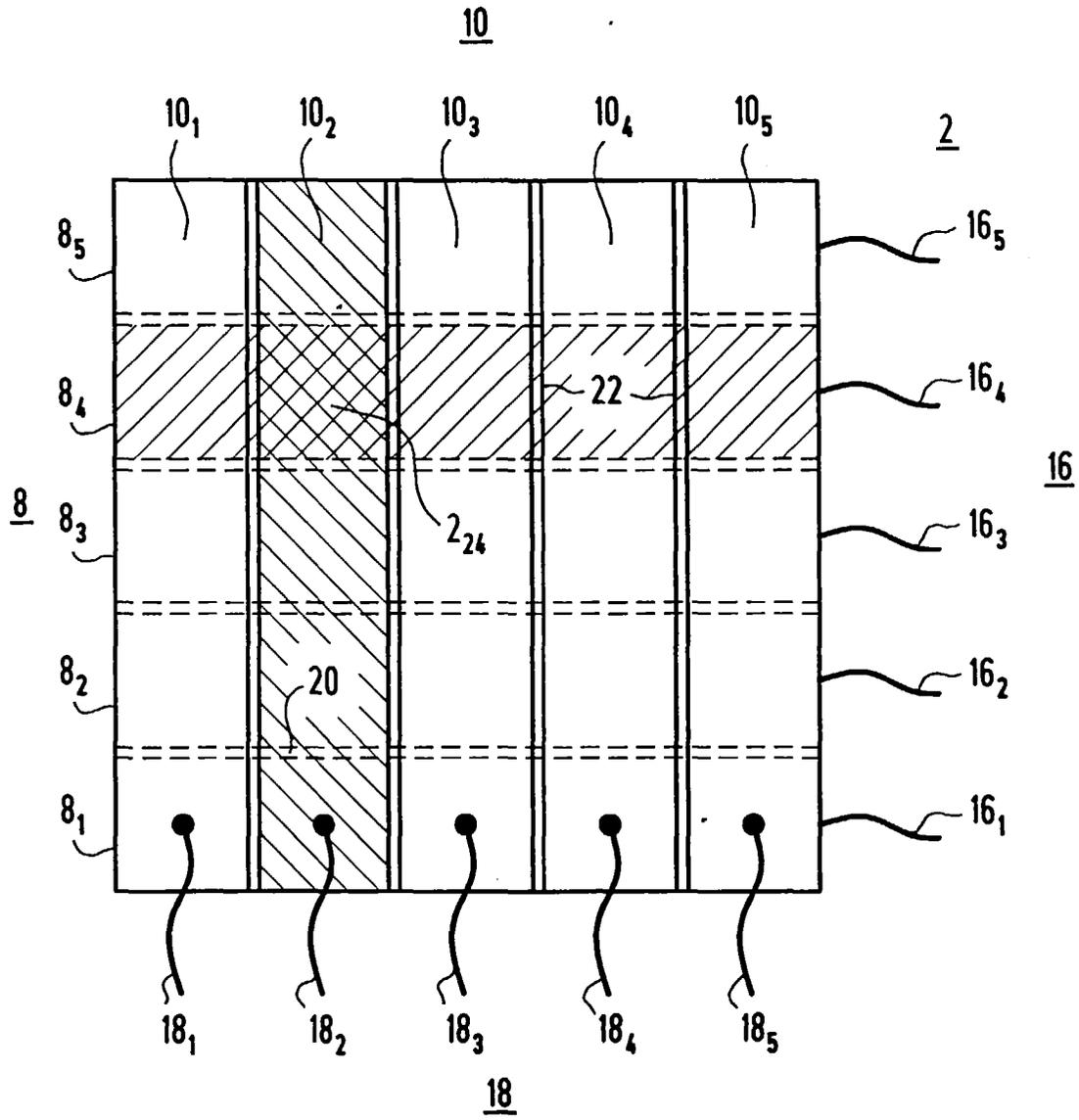


FIG 2

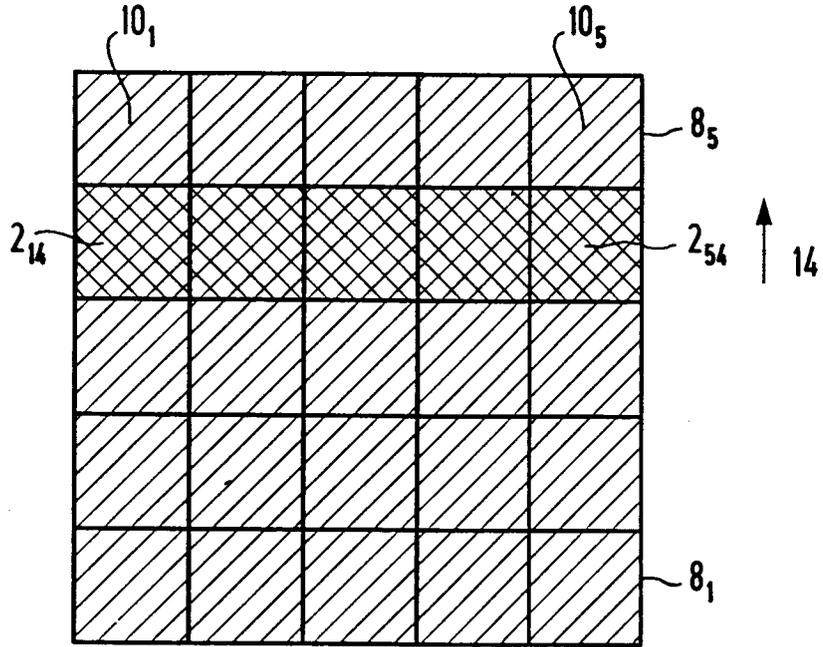


FIG 3

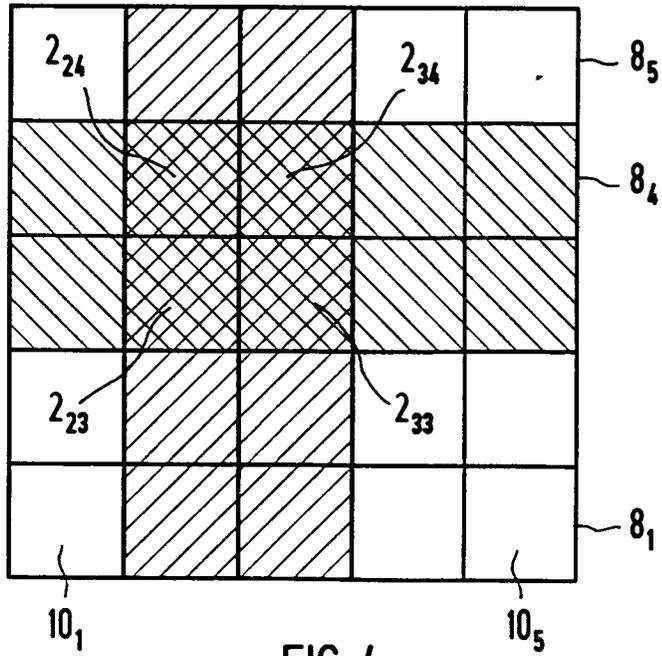


FIG 4