



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 15 651 T2** 2004.08.19

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 110 067 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 15 651.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/18474**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 946 594.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/11441**

(86) PCT-Anmeldetag: **12.08.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **02.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.03.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.08.2004**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01D 18/00**

**G01L 1/00, G01L 9/06, G01L 27/00**

(30) Unionspriorität:

**137765                      21.08.1998                      US**

(73) Patentinhaber:

**Motorola, Inc., Schaumburg, Ill., US**

(74) Vertreter:

**SCHUMACHER & WILLSAU,  
Patentanwaltssozietät, 80335 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, ES, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**ROSS, Carl, Mundelein, US; SCHUSTER, John,  
Grayslake, US; DING, Xiaoyi, Lake Zurich, US;  
CZARNOCKI, Walter, Hoffman Estates, US**

(54) Bezeichnung: **Sensor mit Membran und einer Vielzahl von anschaltbaren Wandlern, um den Rand zu treffen**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen (Druck-)Sensor. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung darauf gerichtet, einen monolithischen Sensor zu schaffen, welcher mehrere Sensorelemente auf einem einzigen Substrat aufweist und eines der Sensorelemente elektrisch auswählt.

## Hintergrund der Erfindung

## Membran-Dickensteuerung

[0002] Das Ätzen einer Sensormembran auf eine gewünschte Dicke ermöglicht es der Membran, sich korrekt zu wölben, wenn sie einer Quelle des zu erfassenden Druckes ausgesetzt ist. Die Wölbung der Membran ist abhängig vom ausgeübten Druck und der Dicke und Größe der Membran. Um Sensoren zu haben, welche ein konsistentes Ansprechverhalten von Sensor zu Sensor produzieren, muss nach dem Stand der Technik die Membranendicke innerhalb relativ enger Toleranzen beibehalten werden.

[0003] Gemäß dem Stand der Technik wurde typischerweise einer von mehreren gut bekannten Prozessen verwendet, um die Membran zu ätzen, einschließlich Zeit-Kavitäts-Ätzen ("timed-cavity-etch"), Oxid-Ätz-Stopp-Prozessen und elektrochemischer Ätz-Stopp-Prozesse.

[0004] Der Zeit-Kavitäts-Ätz-Prozess wird durchgeführt, indem wiederholt das Ätzen für Dickenmessungen unterbrochen wird und das Ätzen wiederaufgenommen wird, bis eine spezifizierte Membranendicke erzielt ist. Wenn eine Kavität überätzt oder unterätzt ist, dann hat die Membran nicht die gewünschte Dicke, um das korrekte strukturelle Ansprechverhalten der Membran zu schaffen, und muss daher verworfen werden. Aufgrund des konstanten Stoppens, Messens und Wiederaufnehmens schafft der Prozess viele Gelegenheiten für das Substrat zu brechen, wobei die Wahrscheinlichkeit niedriger Produktionserträge zunimmt. Zusätzlich erfordert der Zeit-Ätz-Prozess größeren Arbeitsaufwand und mehr Zeit als andere Ätztechniken, welche eine Ätz-Stopp-Schicht verwenden.

[0005] Es sind zwei andere Prozesse außer dem Zeit-Ätz-Prozess verfügbar, um die Sensorkavität mit definierter Membranendicke zu erzeugen. Dies sind der Oxid-Ätz-Stopp-Prozess, bei dem gebondete Wafer verwendet werden, auch als Silizium-auf-Isolator-Prozess ("silicon-on-insulator", SOI) bekannt, und der elektrochemische Ätz-Stopp-Prozess. Diese Prozesse haben den Vorteil, eine gut definierte Membranendicke zu schaffen, haben jedoch auch Nachteile hinsichtlich Kosten und Herstellung.

[0006] Der Oxid-Ätz-Stopp-Prozess verwendet ein Ausgangsmaterial für das Sensorsubstrat, welches zwei Siliziumwafer aufweist, die aneinander gebon-

det sind, wobei eine Siliziumdioxidschicht dazwischen ist. (Die interne Oxidschicht wird erzeugt, indem sie auf einen der Wafer aufgewachsen wird, bevor diese gebondet werden.) Wenn die Kavität durch Tauchen in ein chemisches Bad geätzt wird, welches mit einer Oberfläche der Wafer/Substrat-Anordnung in Kontakt gebracht wird, wird Silizium entfernt, bis die Oxidschicht erreicht ist, welche dem Entfernen durch das Ätzmittel widersteht. Die Membranendicke wird definiert, indem die andere Oberfläche des Wafersubstrates genau auf die gewünschte Dicke poliert wird. Der Oxid-Ätz-Stopp-Prozess ist einfacher als der Zeit-Ätz-Prozess, was jedoch durch die hohen Kosten der gebondeten und polierten als Ausgangsmaterial verwendeten Wafer, welche als Sensorsubstrat verwendet werden, ausgeglichen wird. Die Verfügbarkeit gebondeter/SOI-Wafer ist typischerweise begrenzt. Ferner muss die Membranendicke vorbestimmt sein, und daher ist die Flexibilität, Druckbereiche zu ändern, wenn ein Produktgemisch sich ändert, ernsthaft begrenzt.

[0007] Der elektrochemische Ätz-Stopp-Prozess schafft ebenfalls eine präzise Membranendicke. Das Ausgangsmaterial, welches als das Sensorsubstrat verwendet wird, weist einen Siliziumwafer auf, welcher einen Waferverarbeitungsschritt durchlaufen hat, um eine P-Schicht (in einem N-Substrat) oder eine N-Schicht (in einem P-Substrat) mittels Diffusion, Ionenimplantation oder Epitaxiewachstum oder anderen bekannten Prozessen hinzuzufügen. Um eine Membran zu erzeugen, wird der Wafer in einer Vorrichtung geätzt, welche eine Vorspannung auf die N- und P-Region so aufbringt, dass eine Ätz-Stopp-Schicht erzeugt wird, wenn das chemische Ätzmittel die Schicht erreicht, welche abgeschieden wurde, um die gewünschte Membranendicke zu definieren (z. B. N-Epitaxieschicht abgeschieden auf P-Substrat). Ähnlich dem Oxid-Ätz-Stopp-Prozess muss die Membranendicke vorbestimmt sein, und sie legt den Druckbereich des Sensors deutlich vor dem Ätzprozess fest. Eine unterschiedliche Membranendicke erfordert einen Wafer mit einer bei einem unterschiedlichen Niveau hinzugefügten N- oder P-Schicht im Wafer. Der zusätzliche Verarbeitungsschritt, die Ätz-Stoppschicht zu schaffen, erhöht die Kosten des Wafer-Ausgangsmaterials im Vergleich zu den Siliziumwafern, welche beim Zeit-Ätz-Prozess verwendet werden. Ferner macht der Einsatz der Ätzprozessvorrichtung, um einen elektrischen Kontakt mit dem Wafer zu schaffen und eine geeignete Vorspannung anzulegen, um einen Ätz-Stopp an dem PN-Übergang zu erzeugen, den Herstellungsprozess kompliziert und schafft die Möglichkeit für ein elektrisches Leck, welches den Ätzprozess behindern oder unmöglich machen könnte.

## Erfassen mehrerer Druckbereiche

[0008] Mindestens zwei Ansätze sind verwendet

worden, um einen Druck mit einem Silizium-Membran-Drucksensor zu erfassen, welcher durch Mikro-Materialbearbeitung ("micromachined") hergestellt wurde.

[0009] Der üblichste Ansatz (sogenannter "Brücken"-Ansatz) beinhaltet das Platzieren von vier Piezo-Widerständen, einen auf jeder Kante der quadratischen oder rechteckigen Membran. Die Piezo-Widerstände sind in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung miteinander verbunden, um genau einen spezifischen Druckbereich zu erfassen.

[0010] Bei dem anderen Ansatz wird ein einzelnes Piezo-Widerstandselement an genau einer Kante der Membran angeordnet. Das Piezo-Widerstandselement ist relativ zur Silizium-Kristallstruktur orientiert, um eine maximale Empfindlichkeit der Sensor-Ausgangsgröße zu schaffen, wenn es genau am Maximal-Spannungspunkt nahe der Membrankenke platziert ist.

[0011] Es ist zu beachten, dass, wenn der Ansatz mit dem einzelnen Element verwendet wird, es die Möglichkeit gibt, vier Piezo-Widerstandssensorelemente auf genau einer Membran/Substrat zu verwenden. Diese Möglichkeit ist als Teil des Standes der Technik verwendet worden, wo Hersteller vier Elemente auf dem Chip testen und das eine Element auswählen, welches die Leistungsspezifikationen für ein nachfolgendes Verdrahten und einen nachfolgenden Zusammenbau in ein Gehäusemodul am besten erfüllt. Jedoch ist Wafer-Testzeit teuer und das Verfolgen der Information im Hinblick darauf, welcher Sensor montiert werden könnte, führt zu logistischen Komplikationen und zusätzlichen Produktionskosten. Daher ist dieses Verfahren nur begrenzt implementiert worden, primär bei geringen Stückzahlen und Hochpreis-Anwendungen.

[0012] Daher besteht das Bedürfnis nach einem einzigen Sensorsubstrat mit mehreren Sensorelementen, welche elektrisch (digital) auswählbar sind. Ein Sensor mit einem solchen Substrat ist in Anspruch 1 angegeben.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0013] Die vorliegende Erfindung kann mit Bezug auf die Zeichnung besser verstanden werden, in welcher zeigen:

[0014] **Fig. 1** eine Draufsicht eines Multi-Element-Sensorschaltkreises gemäß der vorliegenden Erfindung,

[0015] **Fig. 2** eine Draufsicht eines erfindungsgemäßen Sensors, welcher mehrere Membranengrößen zeigt,

[0016] **Fig. 3** eine Querschnittsansicht von **Fig. 2** entlang der Linie 3-3,

[0017] **Fig. 4-6** Querschnittsansichten, welche ein Verfahren zum Bilden eines erfindungsgemäßen Sensors illustrieren,

[0018] **Fig. 7** eine Draufsicht einer alternativen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors,

und

[0019] **Fig. 8** eine Draufsicht von noch einer anderen alternativen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors.

#### Detaillierte Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform

[0020] **Fig. 1** zeigt einen Sensor **10** gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Sensor **10** weist auf: ein Sensorsubstrat **12**, Sensorelemente **14**, **16**, **18** und **20** und einen elektronischen Schaltkreis **22**. Die Sensorelemente **14-20** sind vorzugsweise durch Implantation, Diffusion, Dünnschicht-Abscheidung oder andere gut bekannte Techniken gebildet.

[0021] Der Schaltkreis **22** ist mit jedem der Sensorelemente **14-20** via Leitungen **28**, **30**, **32**, **34**, **36**, **38**, **40** und **42** elektrisch verbunden, um mindestens eines der Sensorelemente **14-20** elektrisch auszuwählen. Die Leitungen **28**, **32**, **36** und **42** leiten vorzugsweise ein S<sup>+</sup>-Signal (positive Sensor-Ausgangsgröße), und die Leitungen **30**, **34**, **38** und **40** leiten vorzugsweise ein S<sup>-</sup>-Signal (negative Sensor-Ausgangsgröße). Der Schaltkreis **22** ist vorzugsweise auf einem Substrat **12** durch einen Standard-Halbleiter-Herstellprozess oder andere gut bekannte Techniken gebildet. Im Betrieb wählt der Schaltkreis **22** das für die Messung gewünschte Sensorelement an, indem der S<sup>+</sup>-Anschluss und der S<sup>-</sup>-Anschluss des Sensors mit einem Signalaufbereitungskreis verbunden werden, welcher die Differenzausgangsspannung jedes definierten Sensorelementes **14-20** misst und die für die Verwendung durch ein externes System gewünschten Sensorelementenausgangssignale verstärkt und kompensiert. Bei dieser Konfiguration liegt die Spannung (V<sup>+</sup> und V<sup>-</sup>) kontinuierlich an allen Sensorelementen **14-20** an. Ein Sensorelement oder mehrere Sensorelemente **14-20** werden ausgewählt, indem die gewünschten Ausgangssignalananschlüsse S<sup>+</sup> und S<sup>-</sup> angeschlossen werden. Andere Schaltkonfigurationen können ebenso verwendet werden. Zum Beispiel könnten alle S<sup>+</sup>-Leitungen, S<sup>-</sup>-Leitungen und V<sup>+</sup>-Leitungen mit dem Schaltkreis **22** verbunden sein, und dann könnte der geeignete V<sup>-</sup>-Anschluss für das gewünschte Element zugeschaltet werden (siehe **Fig. 8** unten). Andere alternative Ausführungsformen sind unten detailliert beschrieben.

[0022] Die Sensorelemente **14-20** sind in variierenden Abständen von einer Außenkante **44** einer Kavität **51** angeordnet. Es ist gut bekannt, dass Sensoren die beste Leistung schaffen, wenn die Sensorelemente benachbart zu einer Kante der Membran **46** angeordnet sind. Ferner ist Sensorempfindlichkeit eine Funktion der Dicke und Größe der Membran. Indem die Elemente **14-20** in variierenden Abständen von der Kante **44** der Kavitätsöffnung angeordnet sind, kann ein kostengünstiges Zeit-Ätz-Verfahren verwendet werden. Auf diese Weise kann die Kante der Membran **46** im Wesentlichen an einer der Kan-

ten **43**, **45**, **47** und **49** gebildet werden, wie in den **Fig. 2** und **3** gezeigt. Dadurch kann während des Zeit-Ätz-Prozesses ein wiederholter Ätz-und-Mess-Zyklus, um die Membranendicke zu messen und das Ätzen bei einer präzisen Nominal-Membranendicke zu stoppen, minimiert werden. Dies liegt an der Fähigkeit des Sensors **10**, über einen Bereich von vier Dicken der Membran **46** zu wirken, wobei jede der Dicken zu einer anderen Membranenkante **43**, **45**, **47**, **49** korrespondiert, welche relativ zu einem der korrespondierenden Elemente **14**, **16**, **18**, **20** angeordnet sind. Somit ist das Ätzprozess-Zeitfenster aufgrund eines größeren Bereiches der Membranendicken, welche noch verwendbare Sensoren **10** produzieren, erweitert. Die Möglichkeit des Überätzens oder Unterätzens ist wegen einer Zunahme im Ziel-Membranendickenfenster reduziert.

[0023] **Fig. 2** und **3** zeigen vier mögliche Dicken der Membran **46** mit korrespondierenden Membranenkanten **43**, **45**, **47** und **49**, welche die optimalen Kanten der Membran **46** für jedes der Sensorelemente **14–20** definieren. Es ist zu beachten, dass für eine optimale Leistung jedes Sensorelement **14–20** vorzugsweise auf dem Substrat **12** direkt über einer der Kanten **43–49** positioniert ist.

[0024] Wird ein kostengünstiger Ätzprozess wie zum Beispiel ein Zeit-Ätz-Prozess verwendet, so führt dies in der Praxis dazu, dass die Membranenkanten **43–49** in einem nicht-optimalen Abstand von der Kante **44** vorliegen. Daher ist der auf dem Chip vorgesehene Schaltkreis **22** erforderlich, um das Element **14–20** auszuwählen, das eine Leistung schafft, die dem Nominalziel am nächsten kommt.

[0025] **Fig. 4**, **5** und **6** zeigen Querschnitts-Ansichten unterschiedlicher Schritte eines bevorzugten Herstellungsverfahrens des Sensors **10**. **Fig. 4** zeigt den ersten Schritt des Verfahrens, bei dem ein Sensorsubstrat **12** geschaffen ist und vorzugsweise aus Silizium oder einem anderen geeigneten Werkstoff hergestellt ist. Das Substrat **12** hat eine Oberseite **50**, welche einer Unterseite **52** entgegengesetzt ist. **Fig. 5** zeigt den nächsten Schritt, bei dem Sensorelemente **14–20** und der elektronische Schaltkreis **22** auf der Oberseite **50** aufgebracht werden. Es ist zu beachten, dass elektrische Verbindungsleitungen **28–42** zu dieser Zeit ebenfalls gebildet werden, aber nicht dargestellt sind. **Fig. 6** zeigt den letzten Schritt, bei dem ein Abschnitt des Substrates **12** von der Unterseite **52** durch einen Ätzprozess entfernt wird, um eine Kavität **51** zu bilden, um eine Membran zu bilden. Es wird darauf hingewiesen, dass ein Zeit-Ätz-Prozess bevorzugt wird, jedoch könnte irgendein Ätzprozess in Abhängigkeit von der Präzision, welche für die Platzierung der Elemente **14–20** und für die Dicke der Membran **46** erforderlich ist, verwendet werden.

[0026] **Fig. 7** offenbart eine alternative Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein elektronischer Schaltkreis **24** wählt die gewünschten Sensorelemente **114–120** an. Der Schaltkreis **24** ist vorzugsweise auf dem Chip integriert. (monolithisch),

kann jedoch auch außerhalb des Chips angeordnet sein. Der Sensor **55** ist ähnlich zu dem oben beschriebenen Sensor **10**, jedoch mit der Ausnahme, dass der Sensor **55** einen elektronischen Schaltkreis **24** anstatt Schaltkreis **22** aufweist. Der auf dem Substrat **57** angeordnete Schaltkreis **24** weist über die dargestellten Leitungen **54**, **56**, **58** und **60** eine elektrische Schaltverbindung mit den Sensorelementen auf, um mindestens eines der Sensorelemente elektronisch mit Spannung zu versorgen. Um ein gewünschtes Sensorelement zu aktivieren, verbindet eine der Leitungen **54**, **56**, **58** und **60** den Sensor-V-Anschluss (Erde-Anschluss) mit der Spannungsversorgung, indem ein geeigneter Digitalcode gewählt wird, welcher vom Schaltkreis **24** implementiert wird. Diese Verbindung vervollständigt einen Sensor-Ansteuerkreis, da die anderen Sensorverbindungen ( $V^-$ ,  $S^+$  und  $S^-$ ) schon festverdrahtet sind. Somit wird nur das gewünschte Sensorelement gemessen und das Signal aufbereitet, und an den Anschlüssen **62** und **64** wird ein Signal zu einem Mikroprozessor (nicht dargestellt) ausgegeben. Ferner wäre eine andere alternative Ausführungsform, die Sensorelemente **114–120** über einen  $V^+$ -Spannungsversorgungsanschluss anstatt die oben beschriebene  $V^-$ -Leitung zu schalten.

[0027] **Fig. 8** zeigt noch eine andere bevorzugte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung. Der Sensor **66** weist auf: ein Substrat **68**, welches eine durch eine Kante **72** definierte Membran **70** aufweist, Sensorelemente **74**, **76**, **78** und **80**, und einen durch den Kasten **82** definierten Schaltkreis. Der Schaltkreis **82** weist 12 Schalter **84** auf, welche, wie dargestellt, bevorzugt FETs sind. Die Schalter **84** sind mit einem der vier Eingangsanschlüsse **86**, **88**, **90** und **92** verbunden.

[0028] Im Betrieb sind die Eingangsanschlüsse **86–92** mit einem Mikroprozessor (nicht dargestellt) oder anderen Logik-Schaltkreisen verbunden und wählen das zu verwendende Sensorelement aus. Wenn zum Beispiel das Sensorelement **74** verwendet werden soll, würde ein Signal durch den Anschluss **86** geschickt, welches die mit dem Element **74** assoziierten drei Transistoren **84** veranlassen würde, durchzuschalten, wobei vom Element **74** ein an die Anschlüsse **94** und **96** auszugebendes Signal verursacht würde. Wie ersichtlich ist, ist jedes der Elemente **74–80** immer mit dem Relativ-Positiv-Spannungs-Anschluss **98** verbunden. Das Schalten des Relativ-Negativ-Spannungsversorgungs-Anschlusses und der beiden Ausgangs-Signalanschlüsse jedes Elementes **74–80** stellt sicher, dass ein sauberes Signal an die Anschlüsse **94** und **96** abgegeben wird. Wie oben offenbart ist, kann der Sensor ein Element wählen, indem nur die Spannung geschaltet oder die Ausgangsanschlüsse geschaltet werden. Indem jedoch sowohl ein Spannungsanschluss als auch ein Ausgangsanschluss geschaltet werden, wird ein sauberes Signal an den Anschlüssen **94** & **96** verursacht.

[0029] Somit ist ein Prozess zum Wählen eines Sensorelementes oder mehrerer Sensorelemente auf einer einzigen Membran offenbart, indem eine Membranengeometrie mit den am besten korrespondierenden Sensorelementen abgestimmt wird.

[0030] Die oben beschriebene Technik wählt Elemente, um Prozessvariationen beim Kavitäts-Ätzen und bei der Membran-Kantenanordnung verkraften zu können. Die Sensoren können auch verwendet werden, um einen Chip für mehrere Sensordruckbereiche herzustellen. Anstatt Sensorelemente auf ein Substrat zu platzieren, um einen weiteren Bereich an Ätzbedingungen für einen einzelnen Ziel-Druckbereich abzudecken, können die Sensorelemente so platziert werden, dass sie für unterschiedliche Druckbereiche optimiert sind. Jedes Sensorelement hat seine eigene Ziel-Membranengröße (Kavitätskante) und -dicke. Dies kann zusammen mit der gleichen oder unterschiedlichen Kavitätsgröße durchgeführt werden. Allgemein gilt, dass, je dicker die Membran **46** ist, um so höher ist der Druckbereich, der vom Sensor **10** erfasst wird. Mit anderen Worten, ein Sensor **10** mit einer zur Linie **43** korrespondierenden Membrankenke und mit einer dickeren Membran wird für einen höheren Druckbereich verwendet werden als ein Sensor **10** mit einer zu irgendeiner der Linien **45–49** korrespondierenden Membrankenke und mit einer dünneren Membran. Ein Vorteil dieser Erfindung liegt darin, dass nur genau ein integriertes Sensordesign, ein Maskensatz und ein Herstellprozess für die Oberseite des Substrates erforderlich ist. Es ist die Oberseite des Substrates, auf der die komplizierte und kostenintensive Signalaufbereitung und Waferverarbeitung durchgeführt wird. Indem nur die Ätzzeit und/oder die Rückseiten-Kavitätsöffnung (dies ist nur eine Niedrigkosten-Maske) modifiziert werden, können vier unterschiedliche Druckbereichs-Sensoren aus den gleichen integrierten Schaltkreis-Wafern hergestellt werden.

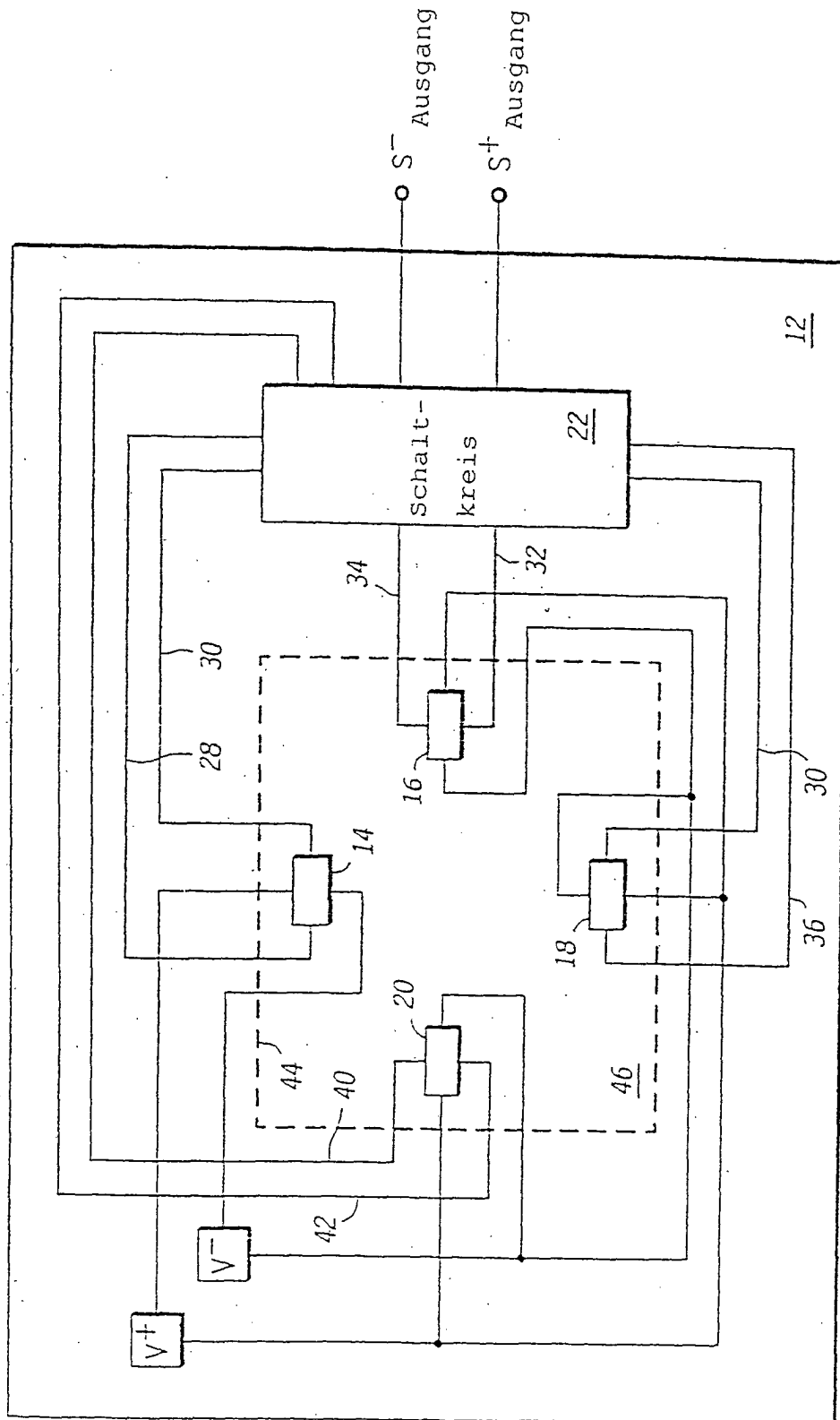
[0031] Der Durchschnittsfachmann wird anerkennen, dass für einen erfindungsgemäßen Sensor gilt:

- 1) Er wählt das am besten geeignete Element von vier Elementen, welche für einen Nominaldruckbereich vorgesehen worden sind, unter Berücksichtigung der Prozessvariationsspanne, welche die Platzierung der vier Elemente erklärt.
- 2) Wenn ein hoher Grad an Prozessfähigkeit (und somit die Fähigkeit, einen Ziel-Druckbereich zu erreichen) gegeben ist, könnte einer von vier unterschiedlichen Druckbereichen vom gleichen Substrat hergestellt werden, basierend auf der digitalen Auswahl des geeigneten Elementes. Dies schafft beträchtliche Kosteneinsparungen im Falle eines monolithischen Sensors mit eigener Signalaufbereitung. Anderenfalls würde jeder Sensor getrennte Designs integrierter Schaltkreise, Maskensätze und Herstellbestände erfordern, was zu hohen Kosten führen würde.

## Patentansprüche

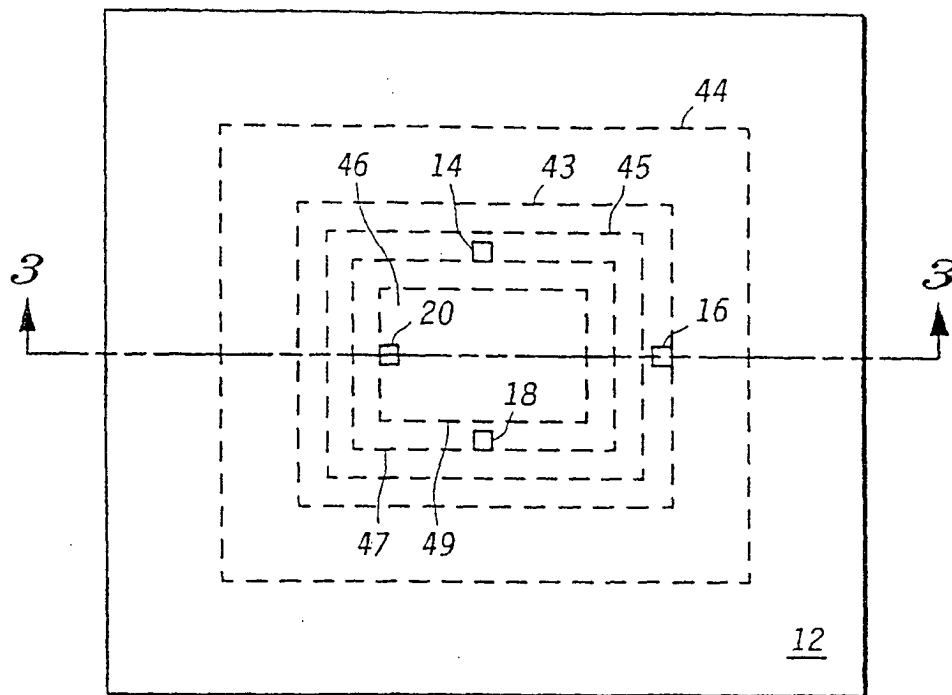
1. Sensor (**10**), aufweisend:  
ein Sensorsubstrat (**12**) mit einander entgegengesetzter Oberseite (**50**) und Unterseite (**52**), wobei das Substrat eine Struktur aufweist, welche eine Kavität (**51**) mit einer Außenkante (**44**) an der Unterseite definiert und eine Membran (**46**) bildet;  
eine Mehrzahl von Sensorelementen (**14, 16, 18, 20**), welche auf der Oberseite in unterschiedlichen Abständen von der Außenkante und über der Membran **46** angeordnet sind; und  
einen elektronischen Schaltkreis (**22**), welcher mit jedem der Sensorelemente elektrisch verbunden ist, um mindestens eines der Sensorelemente elektrisch auszuwählen.
2. Sensor nach Anspruch 1, wobei jedes der Sensorelemente einen Spannungsanschluss (V+) aufweist, welcher mit dem elektronischen Schaltkreis verbunden ist, um mindestens eines der Sensorelemente elektronisch mit Spannung zu versorgen.
3. Sensor nach Anspruch 1, wobei jedes der Sensorelemente einen Erdanschluss (V-) aufweist, welcher mit dem elektronischen Schaltkreis verbunden ist, um mindestens eines der Sensorelemente elektronisch zu erden.
4. Sensor nach Anspruch 1, wobei das Sensorsubstrat aus Silizium gebildet ist.
5. Sensor nach Anspruch 1, wobei jedes der Sensorelemente einen Relativ-Positiv-Anschluss (V<sup>+</sup>) aufweist, welcher mit dem elektronischen Schaltkreis verbunden ist, um mindestens eines der Sensorelemente elektronisch mit Spannung zu versorgen.
6. Sensor nach Anspruch 1, wobei jedes der Sensorelemente einen Relativ-Negativ-Anschluss (V<sup>-</sup>) aufweist, welcher mit dem elektronischen Schaltkreis verbunden ist, um mindestens eines der Sensorelemente elektronisch zu erden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

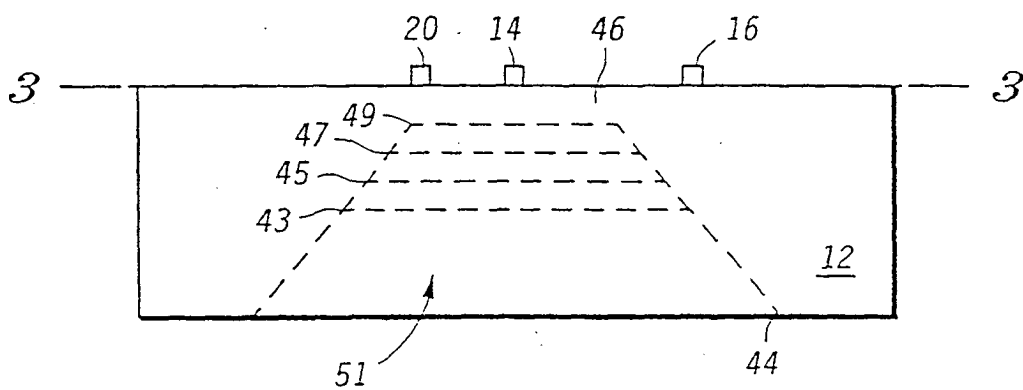


10

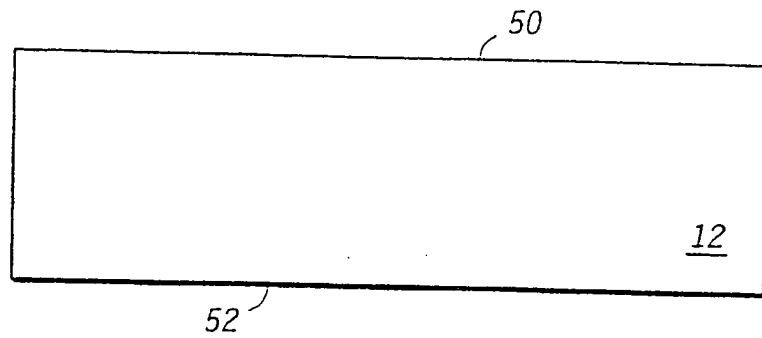
FIG. 1



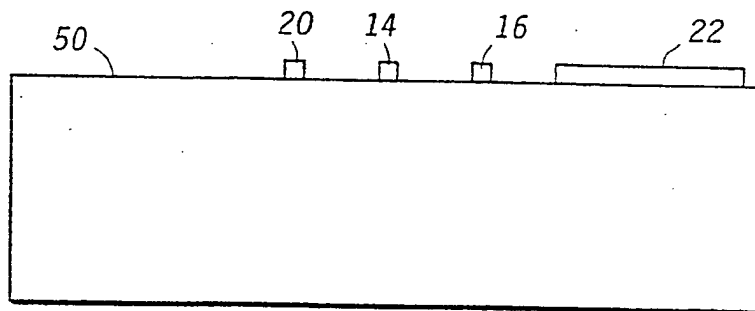
*FIG. 2*



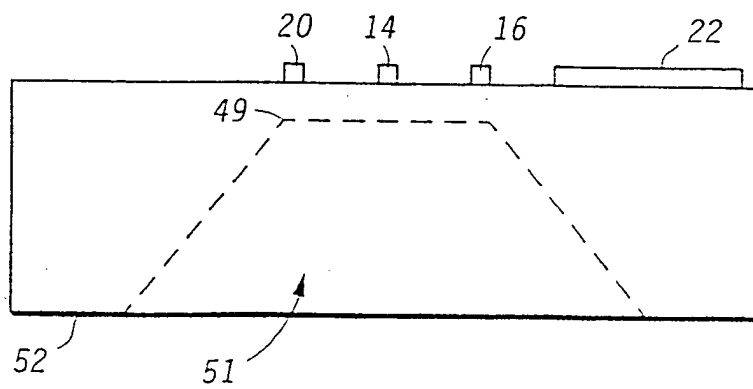
*FIG. 3*



*FIG. 4*

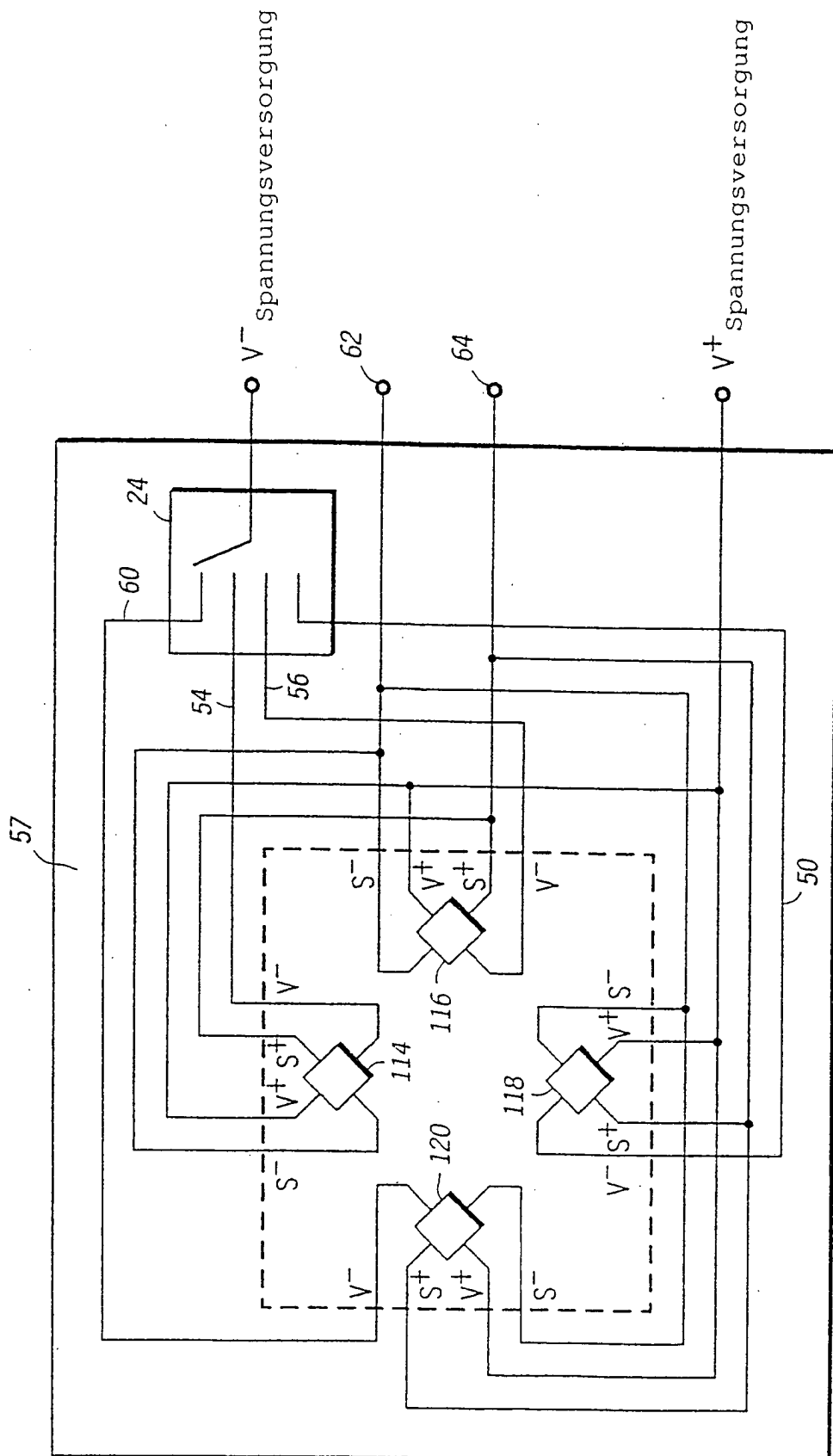


*FIG. 5*



*FIG. 6*





55

FIG. 7

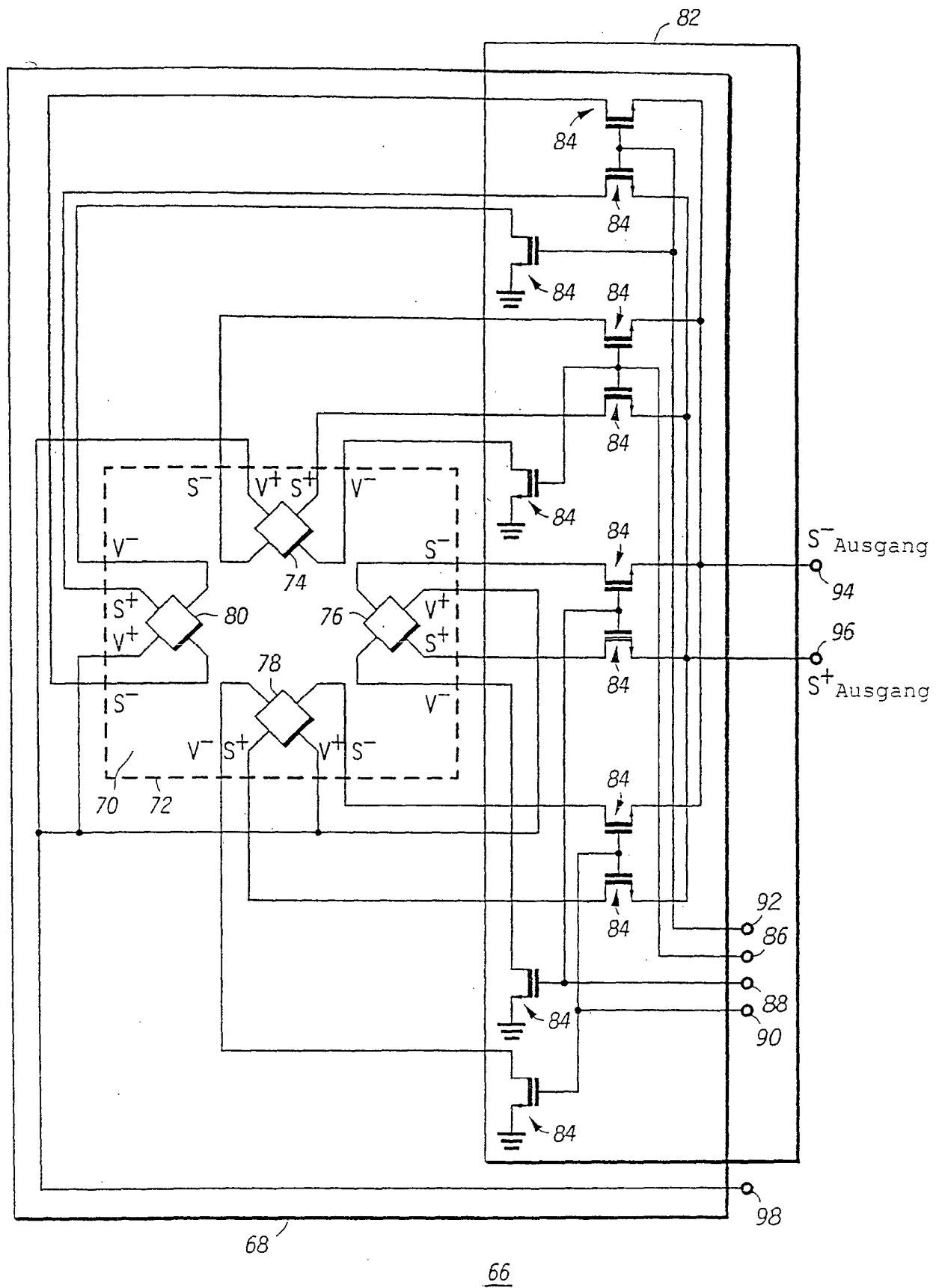


FIG. 8