



(10) **DE 10 2008 000 218 B4** 2021.08.26

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 000 218.6**  
(22) Anmeldetag: **01.02.2008**  
(43) Offenlegungstag: **11.09.2008**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **26.08.2021**

(51) Int Cl.: **H01L 23/544 (2006.01)**  
**H01L 21/66 (2006.01)**  
**G01R 31/28 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**11/710,086 23.02.2007 US**

(72) Erfinder:  
**Walter, Wolfgang, 87600 Kaufbeuren, DE**

(73) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

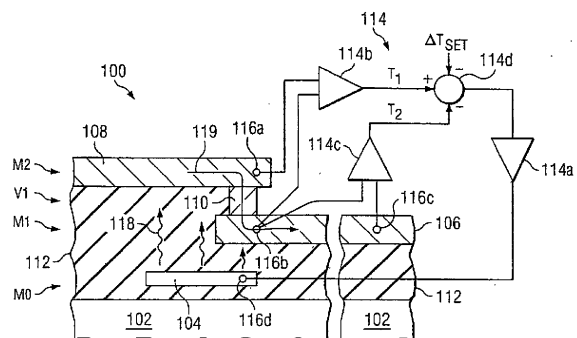
(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:  
**Lambsdorff & Lange Patentanwälte Partnerschaft  
mbB, 81675 München, DE**

<b>DE</b>	<b>102 54 756</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>6 282 679</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>6 598 182</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>6 603 321</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2004 / 0 183 561</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>2003/ 038 459</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Halbleiteranordnungssteststrukturen und Verfahren**

(57) Hauptanspruch: Teststruktur (100) zur Messung von Elektromigration mit:  
einem Werkstück (102);  
einem Temperatureinsteller (104), der in einer über dem Werkstück (102) ausgebildeten ersten Materialschicht (M0) angeordnet ist;  
einer Beanspruchungsleitung (106), die in einer über dem Temperatureinsteller (104) ausgebildeten zweiten Materialschicht (M1) angeordnet ist;  
einer Zuleitung (108), die in einer über dem Temperatureinsteller (104) ausgebildeten dritten Materialschicht (M2) ausgebildet ist;  
einem leitenden Merkmal (110), das zwischen der Beanspruchungsleitung (106) und der Zuleitung (108) in einer vierten Materialschicht (V1) angeordnet ist; und  
zumindest einer Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d), die an den Temperatureinsteller (104) und das leitende Merkmal (110) gekoppelt ist, um eine Temperatur zumindest des leitenden Merkmals (110) zu überwachen und zu regeln.



**Beschreibung**

Bezug zu verwandten Patentanmeldungen

**[0001]** Diese Patentanmeldung bezieht sich auf die folgende ebenfalls anhängige und von den gleichen Anmeldern stammende US-Patentanmeldung: amtliches Aktenzeichen , Anwaltsaktenzeichen 2006 P 54041 US, angemeldet am 06. Februar 2007, mit dem Titel „Semiconductor Device Test Structures and Methods“.

Technisches Gebiet

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf die Herstellung von Halbleiteranordnungen und insbesondere auf Teststrukturen und Verfahren für Halbleiteranordnungen.

Hintergrund

**[0003]** Halbleiteranordnungen werden allgemein in einer Vielzahl von elektronischen Anwendungen verwendet wie z.B. Computern, Mobiltelefonen, persönlichen Datenverarbeitungsgeräten und vielen anderen Anwendungen. Heim-, Industrie- und Kraftfahrzeuggeräte, welche in der Vergangenheit lediglich mechanische Komponenten aufwiesen, besitzen nun z.B. elektronische Teile, die Halbleiteranordnungen erfordern.

**[0004]** Halbleiteranordnungen werden durch Abscheiden vieler verschiedener Arten von Materialschichten über einem Halbleiterwerkstück oder Wafer und Strukturieren der verschiedenen Materialschichten mittels Lithografie hergestellt. Die Materialschichten umfassen typischerweise dünne Schichten von leitenden, halbleitenden und Isoliermaterialien, welche zum Ausbilden integrierter Schaltungen (IC, integrated circuit) strukturiert und geätzt werden. Eine Vielzahl von Transistoren, Speicheranordnungen, Schaltern, Leitbahnen, Dioden, Kondensatoren, logischen Schaltungen und anderen elektronischen Komponenten kann auf einem einzelnen Halbleiterplättchen (die) oder Chip ausgebildet werden.

**[0005]** Halbleiteranordnungen beinhalten typischerweise eine oder mehrere Metallisierungsschichten, die üblicherweise in den oberen Materialschichten der Halbleiteranordnungen in einem Back-End-Of-Line (BEOL) des Herstellungsprozesses ausgebildet werden. Die Metallisierungsschichten beinhalten Leitbahnen, die leitende Materialien wie z.B. Aluminium (Al), Kupfer (Cu) und andere Metalle beinhalten, welche von anderen Leitbahnen durch ein Isoliermaterial wie z.B. Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) getrennt sind.

**[0006]** Elektromigration ist ein Phänomen, das in leitenden Materialien auftritt und das Probleme in Halbleiteranordnungen mit kleinen leitenden Merkmalen

verursachen kann. Elektromigration ist der Transport von Material, der aufgrund einer Impulsübertragung zwischen leitenden Elektronen und diffundierenden Metallatomen durch das allmähliche Verschieben von Atomen in einem leitenden Material verursacht wird. Elektromigration tritt auf, wenn Elektronen einen Impuls an Atome übertragen, welcher verursacht, dass die Atome sich von ihren ursprünglichen Positionen weg bewegen.

**[0007]** Im Laufe der Zeit kann das Verschieben von Atomen von ihren ursprünglichen Positionen aufgrund von Elektromigration eine Unterbrechung oder Lücke in dem leitenden Material verursachen, was den Fluss von elektrischem Strom verhindert oder erschwert. In schmalen Verbindungsleitern, wie z.B. Leitbahnen, die Transistoren und andere Komponenten in integrierten Schaltungen verbinden, ist dies als ein Hohlraum oder innerer Ausfall-Stromunterbrechung bekannt. Elektromigration kann ebenso verursachen, dass die Atome eines Leiters sich ansammeln und in Richtung anderer in der Nähe gelegener Leiter driften, wodurch eine unbeabsichtigte elektrische Verbindung erzeugt wird, die als Hillock- oder Whisker-Fehler oder Kurzschluss bekannt ist. Sowohl Fehlstellen als auch Hillock-Fehler können zu einer Fehlfunktion einer integrierten Schaltung führen.

**[0008]** Elektromigration ist insbesondere ein Problem in Anwendungen, wo hohe direkte Stromdichten verwendet werden. Mit zunehmender Miniaturisierung erhöht sich die Fehlerwahrscheinlichkeit aufgrund von Elektromigration in Halbleiteranordnungen, weil kleinere Leitbahnen erhöhte Leistungsdichten und Stromdichten haben. Elektromigration kann schließlich zu dem Verlust einer oder mehrerer Verbindungen und zu dem zeitweisen Ausfall und/oder letztendlich zu dem dauerhaften Ausfall einer gesamten Schaltung führen.

**[0009]** Elektromigration ist eine inhärente Einschränkung für hochintegrierte (VLSI, very large scale integration) Verbindungssysteme, weil Elektromigrations-Zuverlässigkeitsthemen eine Stromdichtenerhöhung in sich ständig verkleinernden VLSI-Schaltungen begrenzt. Das Testen von Elektromigrationsleistungsfähigkeit ist folglich während der Technologieentwicklung und ebenso in dem Herstellungsprozess von Halbleiteranordnungen ein sehr wichtiger Faktor.

**[0010]** Aus der Druckschrift DE 102 54 756 A1 ist eine Teststruktur zur Erfassung von Stressmigration bekannt, also zur Erfassung eines Massetransports, der aufgrund von mechanischen Spannungen hervorgerufen wird. Diese Teststruktur hat einen integrierten Temperatureinsteller.

**[0011]** Des Weiteren ist aus der Druckschrift US 6 598 182 B1 ein System zur Überwachung von

elektrischen Beanspruchungen in einer Halbleiteranordnung bekannt. Hierzu weist die Halbleiteranordnung eine Vielzahl von Beanspruchungskanälen auf, wobei jeder Kanal mit einem eigenen Regelkreis geregelt wird.

**[0012]** Eine Rückmeldungsanordnung ist an jeweils einen Kanal und die zugehörige Beanspruchungsgröße gekoppelt.

**[0013]** Eine Teststruktur zur Bestimmung von Elektromigration ist aus der Druckschrift US 6 603 321 B2 bzw. der WO 03/ 038 459 A1 bekannt, wobei die Teststruktur eine Wärmesenke aufweist und wobei die Teststruktur auch zur Bestimmung eines thermischen Widerstandkoeffizienten verwendet werden kann.

**[0014]** Aus der US 6 282 679 B1 ist ein Muster für den Test von Metallleitungen auch Gehäuseebene bekannt. Aus der US 2004 / 0 183 561 A1 ist ein Testgerät zum Bewerten der Zuverlässigkeit bekannt. Die Temperatur wird in einem engen Bereich gesteuert.

**[0015]** Ein Hauptkostenthema, dem die Halbleiteranordnungsentwickler gegenüberstehen, ist die Beschleunigung von Elektromigrationstestzeiten, welche derzeit von z.B. einigen Stunden bis einigen Tagen reichen. Temperatur- und Stromdichte sind zwei Faktoren, die bei der Beschleunigung von Elektromigrationstestzeiten involviert sind. Beide Faktoren sind limitiert:

eine erhöhte Temperatur kann andere Nicht-Elektromigrationsdegradationsmechanismen auslösen, während eine erhöhte Stromdichte dazu tendiert, Temperaturinhomogenitäten in Teststrukturen zu verursachen, wodurch die Elektromigrationsbeurteilung verschlechtert oder verhindert wird. Temperaturinhomogenitäten sind insbesondere in Teststrukturen, die z.B. sowohl Leitbahnen als auch Vias oder Kontakte umfassen, ausgeprägt. Via- und Kontaktthemen können unabhängig von Leitbahnthemen sein und sind insbesondere kritische Themen für z.B. Cu- und AlCu-Verbindungssysteme geworden.

**[0016]** Folglich besteht ein Bedarf an verbesserten Strukturen und Verfahren zum Testen von Elektromigration und elektromigrationsbezogenen Parametern in Halbleiteranordnungen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0017]** Diese und andere Probleme werden allgemein durch bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung, welche verbesserte Strukturen und Verfahren zum Testen und Messen von Elektromigration und elektromigrationsbezogenen Parametern in Halbleiteranordnungen bereitstellt, gelöst

oder umgangen, und technische Vorteile werden allgemein erzielt.

**[0018]** In Übereinstimmung mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Teststruktur eine Zuleitung, eine Beanspruchungsleitung, die in der Nähe der Zuleitung angeordnet ist, und ein leitendes Merkmal, das zwischen der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung angeordnet ist. Die Teststruktur beinhaltet einen Temperatureinsteller in der Nähe von zumindest dem leitenden Merkmal und zumindest einer Rückmeldungsanordnung, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist.

**[0019]** Das Vorangegangene hat die Merkmale und technischen Vorteile von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eher breit umrissen, damit die folgende ausführliche Beschreibung der Erfindung besser verstanden werden kann. Zusätzliche Merkmale und Vorteile von Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche den Gegenstand der Ansprüche der Erfindung darstellen, werden nachfolgend beschrieben. Vom Fachmann sollte wahrgenommen werden, dass die offenbarte Idee und spezifischen Ausführungsbeispiele leicht als Grundlage verwendet werden können, um andere Anordnungen oder Prozesse, welche die gleiche Zielsetzung wie die vorliegende Erfindung erfüllen, abzuändern oder zu entwickeln. Vom Fachmann sollte ebenso wahrgenommen werden, dass solche äquivalenten Konstruktionen nicht vom Kern und Umfang der Erfindung, wie in den anhängenden Ansprüchen dargelegt, abweichen.

#### Figurenliste

**[0020]** Für ein besseres Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile wird nun auf die nachfolgende Beschreibung in Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen Bezug genommen, in welchen:

**Fig. 1** eine Schnittansicht einer Teststruktur einer Halbleiteranordnung in Übereinstimmung mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist, die einen Temperatureinsteller und einen Regelkreis zum Erzielen von Temperaturgleichmäßigkeit in der Teststruktur beinhaltet;

**Fig. 2** und **Fig. 3** Diagramme sind, welche die Effekte des Temperatureinstellers und des Regelkreises auf die Temperaturgleichmäßigkeit der in **Fig. 1** gezeigten Teststruktur darstellen;

**Fig. 4** eine Schnittansicht einer Teststruktur in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist, die einen Temperatureinsteller in der Nähe eines Vias zwischen einer Zuleitung und einer Beanspruchungsleitung beinhaltet, wobei ein Strom durch

das Via in einer nach oben gerichteten (upstream) Richtung hindurchgeleitet wird;

**Fig. 5** ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller einen Kontakt mit einem oberen Teilbereich eines Vias herstellt;

**Fig. 6** ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller einen Kontakt mit einem unteren Teilbereich eines Vias herstellt;

**Fig. 7** und **Fig. 8** Schnittansichten von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zeigen, die Wärmekollektoren in der Nähe des Vias der Teststruktur beinhalten;

**Fig. 9** ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller in einer Richtung senkrecht zu der Teststruktur angeordnet ist;

**Fig. 10** ein Ausführungsbeispiel zeigt, wobei die Zuleitung in der gleichen leitenden Materialschicht wie die Beanspruchungsleitung ausgebildet ist, und wobei der Temperatureinsteller senkrecht zu der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung angeordnet ist;

**Fig. 11** bis **Fig. 16** perspektivische Ansichten von Teststrukturen in Übereinstimmung mit mehreren bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zeigen;

**Fig. 17** eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt, das eine Teststruktur zur Bestimmung eines thermischen Widerstandskoeffizienten (TCR, thermal coefficient of resistance) in der Nähe der Zuleitung der Teststruktur beinhaltet; und

**Fig. 18** eine Draufsicht eines Halbleiterwafers ist, welche darstellt, dass die neuen Teststrukturen von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung in einem Bruchlinien-Gebiet, einem Halbleiterplättchengebiet, oder einem unvollständig ausgebildeten Halbleiterplättchengebiet eines Halbleiterwafers ausgebildet sein können.

**[0021]** Übereinstimmende Ziffern und Symbole in den verschiedenen Figuren beziehen sich, sofern nicht anders angegeben, im Allgemeinen auf übereinstimmende Teile. Die Figuren wurden gezeichnet, um die relevanten Aspekte der bevorzugten Ausführungsbeispiele klar darzustellen und sind nicht notwendigerweise maßstabsgerecht gezeichnet.

## Detaillierte Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen

**[0022]** Die Herstellung und Verwendung der derzeit bevorzugten Ausführungsbeispiele wird nachfolgend im Detail erläutert. Allerdings sollte wahrgenommen werden, dass die vorliegende Erfindung viele anwendbare erfindungsgemäße Ideen bereitstellt, die in einer breiten Vielfalt von spezifischen Zusammenhängen ausgeführt werden können. Die erläuterten spezifischen Ausführungsbeispiele dienen hauptsächlich dazu, spezifische Wege, die Erfindung herzustellen und zu verwenden, zu erläutern und beschränken nicht den Umfang der Erfindung.

**[0023]** Herkömmliche Via-Leitung-Teststrukturen zum Messen von Elektromigration umfassen typischerweise eine Zuleitung zur Stromversorgung und eine Beanspruchungsleitung, die zur Durchführung von Elektromigrationsmessungen verwendet wird. Die Beanspruchungsleitung ist in einer anderen leitenden Materialschicht als die Zuleitung ausgebildet, und die Zuleitung ist mit der Beanspruchungsleitung für die Elektromigrationsmessungen durch ein oder mehrere Vias, die zwischen den zwei leitenden Materialschichten angeordnet sind, verbunden. Um die Testzeit von solch herkömmlichen Teststrukturen zu beschleunigen, wird häufig der Teststrom erhöht. Jedoch führt das Erhöhen der Strommenge zu Stromwärme (Joule's heating), welche dazu tendiert uneinheitlich entlang der Länge der Teststruktur zu sein. Die Größenvariation der Beanspruchungsleitung, der Zuleitung und des Vias, welche von unbeabsichtigten Prozessvariationen der Dicken und Breiten der dielektrischen Schicht und des leitenden Materials stammen kann, kann Temperaturinhomogenitäten in einer Elektromigrations-Teststruktur erzeugen oder ändern.

**[0024]** Beispielsweise kann die Temperatur des Vias, das die Beanspruchungsleitung und die Zuleitung verbindet, höher oder niedriger als in der Beanspruchungsleitung sein. Die Temperatur des Vias kann aufgrund typischer Herstellungsprozessvariationen nicht vorhersagbar sein. Das Via zwischen der Beanspruchungsleitung und der Zuleitung ist im Querschnitt kleiner als die Beanspruchungsleitung und Zuleitung, und hat einen höheren spezifischen Widerstand als die Zuleitung und Beanspruchungsleitung, was zu heißen Stellen (hot spots) an dem Viaort führt. Darüber hinaus ist die Temperatur der Zuleitung typischerweise erheblich geringer als die Temperatur der Beanspruchungsleitung, z.B. ungefähr 50 % geringer in einigen herkömmlichen Teststrukturen. Die verringerte Temperatur der Zuleitung im Vergleich zu der Beanspruchungsleitung kann z.B. durch eine größere Breite der Zuleitung, eine größeren Nähe der Zuleitung zu dem Substrat oder durch Prozessvariationen in der Herstellung der zwei leitenden Materialschichten der Teststruktur, in denen die

Zuleitung und die Beanspruchungsleitung ausgebildet werden, verursacht werden.

**[0025]** Das inhomogene Temperaturprofil von solch herkömmlichen Elektromigrations-Teststrukturen kann Viafehler verbergen oder ankündigen und kann eine quantitative Elektromigrationsbewertung einer Halbleiteranordnung erschweren. Folglich besteht in dem Fachgebiet ein Bedarf an verbesserten Strukturen und Verfahren zum Testen von Elektromigration in Halbleiteranordnungen.

**[0026]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung stellen neue Testverfahren und Teststrukturen bereit, die verwendet werden können, um die Temperatur und/oder Elektromigration in Halbleiteranordnungen effektiv und schnell zu messen und zu testen. Ein Temperatureinsteller, der einen Heizer und/oder Kühler umfasst, ist in der Nähe eines Vias zwischen der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung der Teststrukturen angeordnet. Ein Regelkreis wird verwendet, um die Temperatur des Vias mittels des Regelkreises und des Temperatureinstellers zu überwachen und zu regeln. Der Temperatureinsteller kann angepasst sein, um das Viagebiet zu erhitzen oder zu kühlen, was nachfolgend hierin beschrieben wird.

**[0027]** Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht einer Teststruktur 100 einer Halbleiteranordnung in Übereinstimmung mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Teststruktur 100 beinhaltet ein Werkstück 102 und einen Temperatureinsteller 104, der in einer über dem Werkstück 102 ausgebildeten Materialschicht M0 angeordnet ist. Eine Beanspruchungsleitung 106 ist in einer über dem Temperatureinsteller 104 ausgebildeten Materialschicht M1 angeordnet. Die Beanspruchungsleitung 106 kann z.B. viel länger als die Zuleitung 108 sein, was durch die Unterbrechung in den Materialschichten 102, 112 und 106 in Fig. 1 angedeutet ist. Eine Zuleitung 108 ist in einer Materialschicht M2 in der Nähe der Materialschicht M1 angeordnet, z.B. über der Beanspruchungsleitung 106. Die Beanspruchungsleitung 106 ist vorzugsweise in der Nähe der Zuleitung 108 angeordnet. Die Zuleitung 108 ist an die Beanspruchungsleitung 106 durch ein Via (oder Kontakt) 110 gekoppelt, das in einer Materialschicht V1 zwischen der Zuleitung 108 und der Beanspruchungsleitung 106 angeordnet ist, welche in den Materialschichten M2 bzw. M1 ausgebildet sind. Das Via 110 wird hierin ebenso z.B. als ein leitendes Merkmal oder ein beanspruchtes Via bezeichnet. Der Temperatureinsteller 104 ist vorzugsweise in der Nähe zumindest des Vias 110 angeordnet. Der Temperatureinsteller 104 ist angepasst, um die Temperatur zumindest des Vias 110 zu verändern, z.B. durch Erhitzen oder Kühlen 118 des Vias 110. Ein Teilbereich der Zuleitung 108 kann ebenfalls durch den Temperatureinsteller 104 erhitzt werden.

**[0028]** Fig. 1 zeigt ebenfalls einen Regelkreis 114, der in Übereinstimmung mit einigen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung vorzugsweise extern zu der Halbleiteranordnung implementiert ist, in der die Teststruktur 100 ausgebildet ist, aber ebenso auf der Halbleiteranordnung implementiert sein kann, in der die Teststruktur 100 ausgebildet ist. Der Regelkreis 114 umfasst zumindest eine Rückmeldungsanordnung, die an den Temperatureinsteller 104 und zumindest das Via 110 gekoppelt ist und kann, wie gezeigt, eine Vielzahl von Rückmeldungsanordnungen 114a, 114b, 114c und 114d umfassen. Rückmeldungsanordnung 114a kann z.B. einen Regler umfassen. Rückmeldungsanordnungen 114b und 114c können Temperaturbestimmer umfassen und Rückmeldungsanordnung 114d kann einen Signalsummierer (signal summer) umfassen. Alternativ können die Rückmeldungsanordnungen 114a, 114b, 114c, 114d andere Anordnungen, Schaltungen oder Elemente umfassen. Der Regelkreis 114 kann ebenso in Software implementiert werden, z.B. unter Verwendung von Spannungseingängen an Kontaktpunkten 116a, 116b, 116c und 116d. Der Regelkreis 114 ist in einigen Ausführungsbeispielen vorzugsweise angepasst, um eine Temperatur zumindest des Vias 110 zu überwachen und zu regeln und ebenso um die Temperatur der Beanspruchungsleitung 106 zu überwachen.

**[0029]** In dem beispielhaften Ausführungsbeispiel des in Fig. 1 gezeigten Regelkreises 114 ist der Ausgang der Rückmeldeanordnung 114a, der einen Controller umfasst, an den Temperatureinsteller 104 gekoppelt, z.B. an Kontaktpunkt 116d. Der Eingang des Controllers 114a ist an ein Signal gekoppelt, das einen Fehler zwischen einem Temperaturdifferenz-Sollwert und einem Offset zwischen einer Temperatur des leitenden Merkmals 110 und einer Temperatur der Beanspruchungsleitung 106 anzeigt. Die Eingänge des Temperatur-Bestimmers 114b sind an Kontaktpunkte 116a und 116b gekoppelt, und das Signal, welches von dem Temperatur-Bestimmer 114b ausgesandt wird, gibt die Temperatur  $T_1$  des beanspruchten Vias 110 an, welches die Eingabe für einen Eingang des Signalsummierers 114d ist. Die Eingänge von Temperatur-Bestimmer 114c sind an Kontaktpunkte 116b und 116c gekoppelt, und das Signal, das von dem Temperatur-Bestimmer 114c ausgesandt wird, gibt die Temperatur  $T_2$  der Beanspruchungsleitung 106 an. Das Signal, das von Temperaturbestimmer 114c ausgesandt wird, ist an einen Eingang des Signalsummierers 114d gekoppelt. Ein Offset-Sollsignal  $\Delta T_{SET}$  kann ebenfalls an einen Eingang des Signalsummierers 114d gekoppelt sein. Der Ausgang des Signalsummierers 114d ist an den Eingang des Controllers 114a gekoppelt. Der Regelkreis 114 ist angepasst, um die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  des beanspruchten Vias 110 bzw. der Beanspruchungsleitung 108 zu vergleichen und die Temperatur zumindest des Gebiets des beanspruchten Vias 110

(beispielsweise, und optional ebenso zumindest eines Teilbereichs der Zuleitung **108**) unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** zu erhöhen und/oder zu verringern, so dass die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  im Wesentlichen die gleichen sind, oder alternativ um eine vorherbestimmte beabsichtigte Temperaturdifferenz, z.B. um den Betrag einer Offset-Sollsignal  $\Delta T_{\text{SET}}$ -Eingabe zu dem Signalsummierer **114d** zu erreichen.

**[0030]** Um die Teststruktur **100** zu betreiben, wird ein Strom **119** unter Verwendung der Zuleitung **108** durch die Beanspruchungsleitung **106** geleitet und Eigenschaften der Beanspruchungsleitung **106**, wie z.B. Widerstand und Spannungsverlust, werden gemessen, um den Betrag der Temperatur und/oder Elektromigration in der Halbleiteranordnung, in der die Teststruktur **100** ausgebildet ist, zu überwachen. Man beachte, dass der den Strom **119** darstellende Pfeil in den Figuren die Richtung des Elektronenflusses in Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung andeutet.

**[0031]** Zu einem Zeitpunkt, z.B. zu Beginn des Elektromigrationstests, ist die Temperatur  $T_1$  des beanspruchten Vias **110** durch Abfragen (sensing) der Temperatur unter Verwendung der Kontaktpunkte **116a** und **116b**, die auf beiden Seiten des beanspruchten Vias **110** angeordnet sind, bestimmbar. Die Temperatur  $T_2$  der Beanspruchungsleitung **106** kann durch Messen der Temperatur unter Verwendung der Kontaktpunkte **116b** und **116c**, die an beiden Enden der Beanspruchungsleitung **106** angeordnet sind, erhalten werden. Für den restlichen Elektromigrationstest kann in einigen Ausführungsbeispielen der Ausgang des Controllers **114a** z.B. auf einen Festwert festgestellt werden. Die Abfrageleitungen zum Messen der Elektromigrationseffekte und der Temperatur des gestressten Vias **110** und der Beanspruchungsleitung **106** sind z.B. vorzugsweise identisch.

**[0032]** Die Abfrageleitungen können z.B. an die Kontaktpunkte **116a**, **116b** und **116c** in den Materialschichten **M2** und **M1** gekoppelt sein (in **Fig. 1** nicht gezeigt; nachfolgend hierin mit Bezug auf die **Fig. 11** bis **Fig. 17** beschrieben). Die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  können erzielt werden, indem ein Strom **119** durch die Teststruktur **100** z.B. von der Zuleitung **108** durch das Via **110** und durch die Beanspruchungsleitung **106** geleitet wird. Der Widerstand des Vias **110** und der Beanspruchungsleitung **106** kann bestimmt werden, indem die Spannung zwischen den Kontaktpunkten **116a** und **116b** bzw. **116b** und **116c** gemessen wird. Die Spannung zwischen den Kontaktpunkten **116a** und **116b** und den Kontaktpunkten **116b** und **116c** kann z.B. unter Verwendung des thermischen Widerstandskoeffizienten (TCR) der Materialien des Vias **110** und der Beanspruchungsleitung **106** in eine Temperatur übersetzt werden. Wenn sich der Wider-

stand erhöht, erhöht sich typischerweise die Temperatur. Folglich zeigen die Spannung und der Widerstand des Vias **110** und der Beanspruchungsleitung **106** z.B. die Temperatur des Vias **110** und der Beanspruchungsleitung **106** an. Diese Technik ermöglicht die Messung von Temperaturen bevor Elektromigrationseffekte anfangen, den Widerstand des beanspruchten Vias **110** und/oder der Beanspruchungsleitung **106** zu verändern. Nach der Temperaturbestimmung zeigt der Betrag von Widerstandsänderung des beanspruchten Vias **110** und/oder der Beanspruchungsleitung **106** die Effekte von Elektromigration auf die Teststruktur **100** an.

**[0033]** Zum Herstellen der neuen Teststruktur **100** wird zunächst das Werkstück **102** bereitgestellt. Das Werkstück **102** kann ein Halbleitersubstrat beinhalten, das z.B. durch eine Isolierschicht bedecktes Silizium oder andere Halbleitermaterialien umfasst. Das Werkstück **102** kann beispielsweise ebenso andere, nicht gezeigte, aktive Komponenten oder Schaltungen beinhalten, die in anderen Gebieten der Anordnung ausgebildet sind. Das Werkstück **102** kann z.B. Siliziumoxid über einkristallinem Silizium umfassen. Das Werkstück **102** kann andere leitende Schichten oder andere Halbleiterelemente, wie z.B. Transistoren, Dioden usw. beinhalten. Verbundhalbleiter, wie z.B. GaAs, InP, Si/Ge oder SiC können anstelle von Silizium verwendet werden. Das Werkstück **102** kann z.B. ein Silizium-auf-Isolator (SOI, silicon-on-insulator)-Substrat umfassen.

**[0034]** Ein Teil eines Isoliermaterials **112** wird über dem Werkstück **102** angeordnet. Das Isoliermaterial **112** kann z.B.  $\text{SiO}_2$  oder ein anderes dielektrisches Material umfassen. Das Isoliermaterial **112** kann alternativ z.B. ein Material mit niedriger dielektrischer Konstante ( $k$ ) mit einem  $k$ -Wert, der geringer ist als der  $k$ -Wert von  $\text{SiO}_2$ , umfassen. Das Isoliermaterial **112** ist in den Figuren als eine einzelne Schicht gezeigt; jedoch kann das Isoliermaterial alternativ z.B. eine Vielzahl von Isoliermaterialschichten umfassen.

**[0035]** Der Temperatureinsteller **104** wird in einer Materialschicht **M0** ausgebildet, die über dem Werkstück **102**, z.B. über dem Isoliermaterial **112**, angeordnet ist. Die Materialschicht **M0** kann eine leitende Materialschicht umfassen, die vorzugsweise in einigen Ausführungsbeispielen z.B. ein halbleitendes Material umfasst. Das halbleitende Material kann oder kann nicht z.B. ein Silizid beinhalten. Alternativ kann die Materialschicht **M0** eine Metallisierungsschicht umfassen, die z.B. ein leitendes Material wie beispielsweise Cu, Al und/oder andere Metalle umfasst. Jedoch wird der Temperatureinsteller **104** in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorzugsweise in einer Materialschicht **M0** ausgebildet, die z.B. ein halbleitendes Material, wie beispielsweise Polysilizium, umfasst, weil Elektromigration in Halbleitern, wie z.B. Polysilizium, nicht auftritt. In anderen Ausführ-

rungsbeispielen wird der Temperatureinsteller **104** z.B. in einer Materialschicht ausgebildet, die ein Refraktärmetall, wie beispielsweise Wolfram (W), umfasst, das ebenfalls keine Elektromigration aufweist.

**[0036]** Der Temperatureinsteller **104** umfasst in einigen Ausführungsbeispielen vorzugsweise einen Heizer. Der Heizer kann eine breite Leitung von leitendem Material umfassen oder kann einen relativ schmalen, geschlängelten Weg von leitendem Material umfassen, der als eine Heizschlange wirkt. Wenn ein Strom von einem Ende des Heizers zu einem gegenüberliegenden Ende des Heizers geleitet wird, erhöht sich die Temperatur des leitenden Materials. Ein Teil der Hitze breitet sich entlang des Wegs **118** aus, wobei er sich nach oben in Richtung des Gebiets des Vias **110** und ebenso in Richtung eines Teilbereichs der Zuleitung **108** bewegt, z.B. in Richtung der rechten Seite der Zuleitung **108** in der Nähe des Gebiets des Vias **110**, die über dem Temperatureinsteller **104** angeordnet ist.

**[0037]** Alternativ kann der Temperatureinsteller **104** ein thermoelektrisches Element umfassen. Der Temperatureinsteller **104** kann z.B. ein Peltier-Element umfassen, das angepasst ist, um die Temperatur des Gebiets des Vias **110** zu verringern. Der Temperatureinsteller **104** kann zwei verschiedene (dissimilar) leitende Materialien umfassen, in denen eine Seite des Temperatureinstellers **104** z.B. gekühlt wird, wenn ein Strom durch den Temperatureinsteller **104** geleitet wird. Wenn der Temperatureinsteller **104** ein Peltier-Element umfasst, kann der Temperatureinsteller **104** ebenso z.B. durch Umpolen der an das Peltier-Element angelegten Spannung als ein Heizer verwendet werden, wodurch beispielsweise verursacht wird, dass der Strom in eine entgegengesetzte Richtung fließt. Wenn der Temperatureinsteller **104** ein Peltier-Element umfasst, wird vorzugsweise z.B. eine (nicht gezeigte) Wärmesenke verwendet, um entweder Wärme in einem Heizbetrieb aufzunehmen oder aufgenommene Wärme in ein anderes Medium oder Material in einem Kühlbetrieb abzuführen. Der Temperatureinsteller **104** kann ebenso z.B. ein ebenfalls nicht gezeigtes thermisches Grenzflächenmaterial (TIM, thermal interface material) beinhalten, das an das Peltier-Element angrenzt.

**[0038]** Der Temperatureinsteller **104** kann verwendet werden, um z.B. das Gebiet des Vias **110** und optional ebenso die Zuleitung **108** zu erhitzen oder zu kühlen. In einigen Ausführungsbeispielen kann der Temperatureinsteller **104** verwendet werden, um z.B. das Gebiet des Vias **110** und optional ebenso zumindest einen Teil der Zuleitung **108** abwechselnd zu erhitzen und zu kühlen. Der Temperatureinsteller **104** kann verwendet werden, um die Temperatur zumindest des Gebiets des Vias **110** während Tests oder vor Tests zu verändern, um die Temperatur des Gebiets des Vias **110** beispielsweise vor dem Durchfüh-

ren der Tests auf eine gewünschte Temperatur zu bringen.

**[0039]** Der Temperatureinsteller **104** wird innerhalb eines Isoliermaterials **112** ausgebildet. Die verschiedenen Materialschichten **M0**, **M1**, **V1** und **M2** beinhalten ebenfalls ein Isoliermaterial **112**, das z.B. um die verschiedenen in diesen Materialschichten ausgebildeten Elemente herum ausgebildet ist. Das Isoliermaterial **112** kann eine Vielzahl von dielektrischen Schichten umfassen, wie z.B. Oxidschichten, Nitridschichten, Liner und Ätz-Stopp-Schichten. Einige der Schichten von Isoliermaterial **112** können beispielsweise Zwischenschicht-Dielektrikums (ILD, inter-level dielectric)-Schichten umfassen.

**[0040]** Als Nächstes wird eine leitende Materialschicht **M1** wie gezeigt über dem Werkstück **102** ausgebildet. Die leitende Materialschicht **M1** umfasst vorzugsweise eine Materialschicht, wo an anderer Stelle der Anordnung z.B. Leitbahnen für eine (nicht gezeigte) integrierte Schaltung, z.B. in einem BEOL-Prozess, ausgebildet werden. Die leitende Materialschicht **M1** kann z.B. eine Metall-Verbindungs-Schicht umfassen. Die leitende Materialschicht **M1** kann z.B. eine zuerst-ausgebildete Verbindungsschicht einer Mehrschichtverbindungsstruktur einer Halbleiteranordnung umfassen oder kann alternativ z.B. eine obere Verbindungs- oder Metallisierungsschicht einer Halbleiteranordnung umfassen.

**[0041]** Die Beanspruchungsleitung **106** wird in der leitenden Materialschicht **M1** ausgebildet. Die Beanspruchungsleitung **106** wird von anderen in der leitenden Materialschicht **M1** ausgebildeten Leitbahnen der Halbleiteranordnung durch das Isoliermaterial **112** getrennt und isoliert. Die Beanspruchungsleitung **106** kann z.B. eine Breite umfassen, die von einer minimalen Entwurfbreite wie z.B. ungefähr 100 nm bis zu mehreren µm reicht, und kann eine Länge von ungefähr 100 µm umfassen, obwohl die Beanspruchungsleitung **106** alternativ andere Abmessungen umfassen kann.

**[0042]** Als Nächstes wird ein Via **110** über der Beanspruchungsleitung **106** ausgebildet. Das Via **110** wird an die Beanspruchungsleitung **106** gekoppelt und stellt eine elektrische Verbindung zu dieser her. Das Via **110** wird z.B. in einer leitenden Materialschicht **V1** der Halbleiteranordnung ausgebildet. Das Via **110** kann (obwohl nur ein Via **110** in den Figuren gezeigt ist) ein oder mehrere Vias **110** umfassen, die zwischen der Beanspruchungsleitung **106** und der Zuleitung **108** angeordnet sind. Andere, nicht gezeigte Vias können z.B. an anderer Stelle innerhalb der leitenden Materialschicht **V1** in der Halbleiteranordnung ausgebildet werden. Die leitende Materialschicht **V1** kann z.B. ein zuerst-ausgebildetes Via-Verbindungsniveau einer Mehrfachniveauverbindungsstruktur umfassen, oder die leitende Materi-

alschicht **V1** kann alternativ eine obere Via-Verbindungs- oder Metallisierungsschicht umfassen.

**[0043]** Eine Zuleitung **108** wird über dem Via **110** ausgebildet. Die Zuleitung **108** wird an das Via **110** gekoppelt und stellt eine elektrische Verbindung zu diesem her. Die Zuleitung **108** wird vorzugsweise in einer leitenden Materialschicht **M2** der Halbleiteranordnung ausgebildet. Andere, nicht gezeigte Leitbahnen können z.B. an anderer Stelle innerhalb der leitenden Materialschicht **M2** in der Halbleiteranordnung ausgebildet werden. Die leitende Materialschicht **M2** kann z.B. eine als zweites ausgebildete Verbindungsschicht von Leitbahnen umfassen, oder kann alternativ eine obere Verbindungs- oder Metallisierungsschicht einer Mehrschichtverbindungsstruktur umfassen. Das beanspruchte Via **110** ist beispielsweise in der Nähe der Beanspruchungsleitung **106** und ist folglich während des Testens einer Elektromigrationsbeanspruchung ausgesetzt.

**[0044]** Die Zuleitung **108** kann in einigen Ausführungsbeispielen verbreitert sein, wodurch eine breite Metallplatte ausgebildet wird. Die Zuleitung **108** wirkt in diesen Ausführungsbeispielen auch als eine Wärmesenke oder ein Wärmekollektor. Jedoch kann in anderen Ausführungsbeispielen die Zuleitung **108** eine dünne Leitbahn umfassen, z.B. mit ungefähr der gleichen Breite wie die Beanspruchungsleitung **106**.

**[0045]** Die leitende Materialschicht **M2** umfasst in einigen Ausführungsbeispielen vorzugsweise z.B. die gleiche Dicke wie die leitende Materialschicht **M1**. Die leitende Materialschicht **V1** kann ebenfalls z.B. die gleiche Dicke wie die leitenden Materialschichten **M1** und **M2** umfassen. Alternativ können die leitenden Materialschichten **M1**, **M2** und **V1** verschiedene Dicken umfassen. Die leitenden Materialschichten **M1** und **M2** umfassen vorzugsweise Al, Cu, Kombinationen davon und/oder andere Metalle. Die leitende Materialschicht **V1** umfasst vorzugsweise z.B. W, Cu, Al, Kombinationen davon und/oder andere Metalle.

**[0046]** Die leitenden Materialschichten **M1**, **V1** und **M2** können ebenfalls andere Metallisierungsschichten innerhalb der Halbleiteranordnung umfassen, die z.B. in oberen Metallisierungsschichten der Anordnung ausgebildet sind; z.B.  $M_x$ ,  $V_x$  und  $M_{(x+1)}$  Verbindungsniveaus. Der Temperatureinsteller **104** kann alternativ z.B. oberhalb der Zuleitung **108** und der Beanspruchungsleitung **106** z.B. in Verbindungsniveaus  $M_{(x+2)}$  ausgebildet werden.

**[0047]** Die Zuleitung **108**, die Beanspruchungsleitung **106**, das Via **110** und der Temperatureinsteller **104** können unter Verwendung von Damascene-Techniken ausgebildet werden, z.B. durch Abscheiden der Isoliermaterialschichten **112**, Strukturieren der Isoliermaterialschichten **112** und Auffüllen der strukturierten Isoliermaterialschichten **112** mit ei-

nem leitenden Material. Das überschüssige leitende Material wird oberhalb der Isoliermaterialschichten **112** z.B. unter Verwendung eines chemischmechanischen Polier (CMP, chemical-mechanical polish)-Prozesses und/oder Ätzprozesses entfernt. Einzel- und/oder Dual-Damascene-Techniken können beispielsweise verwendet werden. Alternativ können die Zuleitung **108**, die Beanspruchungsleitung **106**, das Via **110** und der Temperatureinsteller **104** unter Verwendung subtraktiver Techniken ausgebildet werden, z.B. durch Abscheiden eines leitenden Materials, Strukturieren des leitenden Materials und Abscheiden der Isoliermaterialschichten **112** zwischen der Zuleitung **108**, der Beanspruchungsleitung **106**, dem Via **110** und dem Temperatureinsteller **104**.

**[0048]** Die Zuleitung **108** wird hierin ebenso als eine erste Leitbahn bezeichnet. Die Beanspruchungsleitung **106** wird hierin ebenfalls als eine zweite Leitbahn bezeichnet. Ferner wird das Via **110** hierin ebenso als ein leitendes Merkmal oder ein beanspruchtes Via bezeichnet.

**[0049]** Der Regelkreis **114**, der die Rückmeldungsanordnungen **114a**, **114b**, **114c** und **114d** in **Fig. 1** beinhaltet, kann z.B. in Hardware, Software oder Hardware und Software ausgebildet werden. Die Rückmeldungsanordnungen **114a**, **114b**, **114c** und **114d**, die in einer schematischen Darstellung in **Fig. 1** gezeigt sind, können in dem Werkstück **102** an (nicht gezeigter) anderer Stelle auf der Halbleiteranordnung oder dem Chip, auf der/dem die Teststruktur **100** ausgebildet ist, ausgebildet werden, und können mit dem Temperatureinsteller **104** und den Kontaktpunkten **116a**, **116b**, **116c** und **116d** beispielsweise durch in den leitenden Materialschichten **M0**, **M1** und **M2** ausgebildete Leitbahnen verbunden werden. Alternativ kann der Regelkreis **114** z.B. Hardware und/oder Software umfassen, die extern zu der Halbleiteranordnung, auf der die Teststruktur **100** ausgebildet ist, angeordnet ist.

**[0050]** Die Teststruktur **100** erzielt eine Homogenität der Zuleitung **108** und der Beanspruchungsleitung **106**, indem die Möglichkeit bereitgestellt wird, die Temperatur des Gebiets des Vias **110** aktiv einzustellen, z.B. unter Verwendung des Temperatureinstellers **104**. Der Regelkreis **114** stellt eine Temperaturgleichmäßigkeit in der Teststruktur **100** sicher. Die Rückmeldungsanordnungen **114a**, **114b**, **114c** und **114d** können verwendet werden, um die Temperatur des Vias **110** mit der Temperatur der Beanspruchungsleitung **106** zu vergleichen, und wenn das Via **110** kühler ist als die Temperatur der Beanspruchungsleitung **106**, kann das Via **110** durch den Temperatureinsteller **104** erhitzt werden. Desgleichen kann das Via **110**, wenn das Via **110** wärmer ist als die Temperatur der Beanspruchungsleitung **106**, durch den Temperatureinsteller **104** z.B. gekühlt werden. Alternativ kann das Via **110** um den vorher-



bestimmten Betrag des Offset-Sollsignals  $\Delta T_{\text{SET}}$  absichtlich wärmer oder kühler als die Beanspruchungsleitung **106** gemacht werden.

**[0051]** Der Strom **119** wird in die Teststruktur **100** von der linken Seite von **Fig. 1** durch Anlegen einer Stromquelle oder -versorgung an die linke Seite der Zuleitung **108** eingespeist. Der Strom **119** fließt nach rechts durch die Zuleitung **108** nach unten durch das Via **110** und durch die Beanspruchungsleitung **106** zu einer Stromrückführung, die an der rechten Seite der Beanspruchungsleitung **106** angeordnet ist. Folglich umfasst die in **Fig. 1** gezeigte Teststruktur **100** eine Downstream-Konfiguration. Der Begriff „Downstream“ wird hierin verwendet, um einen Fluss des Stroms **119** (welcher den Elektronenfluss darstellt) zu bezeichnen, der von einer oberen Oberfläche einer Halbleiteranordnung (z.B. von oberen Verbindungsniveaus wie z.B. **M2**) nach unten in Richtung niedriger Niveaus von Verbindungsstrukturen (z.B. **M1**) fließt. Der Strom **119** kann z.B. durch Anlegen eines Versorgungsstroms und einer -rückführung an zwei (nicht gezeigte) Testpads auf der Halbleiteranordnung eingebracht werden.

**[0052]** Messungen der Elektromigrationseffekte der Teststruktur **100** werden durch Abfrageleitungen (in **Fig. 1** nicht gezeigt, s. z.B. **Fig. 11** bei 242 und 244) durchgeführt, die beispielsweise einen Kontakt bei den Kontaktpunkten **116b** und **116c** an jedem Ende der Beanspruchungsleitung **106** und/oder an beiden Seiten des Vias **110** bei Kontaktpunkten **116a** und **116b** herstellen, indem die Spannung und/oder der Widerstand der Beanspruchungsleitung **106** und/oder des Vias **110** gemessen wird.

**[0053]** **Fig. 2** und **Fig. 3** sind Diagramme, die die Effekte von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung auf die Temperaturgleichmäßigkeit der in **Fig. 1** gezeigten Teststruktur darstellen. **Fig. 2** ist ein Diagramm der Temperatur entlang der Länge der in **Fig. 1** gezeigten Teststruktur **100**, wobei die Temperatur des Vias **110** auf die gleiche Temperatur wie die Beanspruchungsleitung **106** durch Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung angehoben wird. Temperaturveränderungen oder -erhöhungen entlang der Länge treten z.B. aufgrund von Stromwärme auf. Das Erhitzen des Vias **110** ist in Kurve **120** bei  $L_1$  gezeigt, wobei Prozessfluktuationen als gestrichelte/gepunktete Leitung gezeigt sind. Die Temperatur der Zuleitung **108** ohne Erhitzen ist bei **122** bei  $L_0$  gezeigt. Die Temperatur der Zuleitung **108** mit Erhitzen unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist bei **124** bei Temperatur  $L_0$  gezeigt. Eine Erhöhung in der Temperatur des Vias **110** bei  $L_1$  kann beispielsweise bei **124** gesehen werden. Die Temperatur bei  $L_2$  der Beanspruchungsleitung **106** ist ebenso bei **124** gezeigt. **Fig. 3** ist eine Kurve **126**, welche die resultierende geregelte einheitli-

che Temperatur über der Länge der neuen Teststruktur **100** unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** und des Regelkreises **114** eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung darstellt.

**[0054]** Das beanspruchte Via **110** umfasst Gebiete, die ein Potenzial haben Temperaturvariationen zu erfahren, aufgrund des erhöhten Widerstands des Vias **110** verglichen mit dem Widerstand der Zuleitung **108** und weil die Zuleitung **108** verglichen mit der Beanspruchungsleitung **106** absichtlich kühler gehalten wird. Die niedrigere Temperatur der Zuleitung **108** kann z.B. durch Ausbilden einer Zuleitung **108**, die eine größere Breite hat als die Breite der Beanspruchungsleitung **106**, erreicht werden. Dennoch stellt die Teststruktur **100** vorteilhafterweise eine homogene Temperaturgleichmäßigkeit entlang der Länge bereit, aufgrund der Fähigkeit die Temperatur der Zuleitung **108** und des Gebiets des Vias **110** unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** aktiv einzustellen. Der Temperatureinsteller **104** und der optionale Regelkreis **114** können verwendet werden, um die Temperaturgleichmäßigkeit rund um das Via **110** zu verbessern.

**[0055]** **Fig. 4** ist eine Schnittansicht einer Teststruktur **100** in Übereinstimmung mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, die einen Temperatureinsteller **104** in der Nähe eines Vias **110** zwischen einer Zuleitung **108** und einer Beanspruchungsleitung **106** beinhaltet, wobei ein Strom **119** durch das Via **110** in einer Upstream-Richtung geleitet wird. Der Begriff „Upstream“ wird hierin verwendet, um einen Elektronenfluss zu bezeichnen, der von niedrigeren Niveaus von Verbindungsstrukturen (z.B. **M1**) nach oben in Richtung einer oberen Oberfläche einer Halbleiteranordnung (z.B. in Richtung eines oberen Niveaus der Verbindung **M2**) fließt. Es werden ähnliche Ziffern verwendet wie für die verschiedenen in **Fig. 1** beschriebenen Elemente. Um eine Wiederholung zu vermeiden, wird nicht jedes in **Fig. 4** gezeigte Bezugszeichen hierin erneut im Detail beschrieben. Eher werden vorzugsweise ähnliche Materialien für die verschiedenen Elementzahlen **102**, **104**, **106** usw. verwendet, wie sie für die in **Fig. 1** beschriebenen Elementzahlen verwendet wurden.

**[0056]** In dem in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Zuleitung **108** in einer leitenden Schicht **M1** ausgebildet, und die Beanspruchungsleitung **106** wird, wie gezeigt, in einer leitenden Schicht **M2** ausgebildet. Der Temperatureinsteller **104** wird in einer leitenden Schicht **M0** ausgebildet, welche vorzugsweise in einigen Ausführungsbeispielen ein halbleitendes Material umfasst, obwohl die leitende Schicht **M0** alternativ ein Metall umfassen kann.

**[0057]** In den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, die in den **Fig. 1** und **Fig. 4** gezeigt sind, wird der Temperatureinsteller **104**

vorzugsweise in der Nähe zumindest des Vias **110** angeordnet. Der Temperatureinsteller **104** wird optional ebenfalls in der Nähe zumindest eines Teilbereichs der Zuleitung **108** angeordnet. Der Temperatureinsteller **104** stellt in diesen Ausführungsbeispielen vorzugsweise z.B. keinen Kontakt mit der Zuleitung **108** her.

**[0058]** Jedoch wird in anderen bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung der Temperatureinsteller **104** vorzugsweise an die Zuleitung **108** gekoppelt und stellt einen Kontakt zu dieser her, wie in den **Fig. 5** und **Fig. 6** in Schnittansichten gezeigt. **Fig. 5** zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei ein Temperatureinsteller **104** einen Kontakt mit einem oberen Teilbereich eines Vias **110a** herstellt, z.B. durch eine Zuleitung **108**, welche an das Via **110a** angrenzt. Das beanspruchte Via **110a** wird dann beispielsweise durch den oberen Kontakt des Temperatureinstellers **104** erhitzt. Der Temperatureinsteller **104** wird in einer leitenden Schicht **M0** ausgebildet und wird, wie gezeigt, an die Zuleitung **108** durch Vias **128** und **110b** und ein Pad **130** gekoppelt, die in den jeweiligen leitenden Schichten **V0**, **M1** und **V1** ausgebildet sind. Pad **130** stellt z.B. eine vertikale elektrische Verbindung zu den Viaschichten **V0** und **V1** für den Temperatureinsteller **104** zu der Zuleitung **119** bereit. Die Teststruktur **100** umfasst eine Downstream-Konfiguration, wobei die Zuleitung **108** in einer oberen Leitbahnschicht **M2** ausgebildet wird und der Strom **119** nach unten durch das Via **110a** zu der in der Leitbahnschicht **M1** ausgebildeten Beanspruchungsleitung **106** fließt.

**[0059]** In diesem Ausführungsbeispiel stellt der Temperatureinsteller **104** einen Teil  $e_H$  des Stroms **119** durch das Via **110a** während eines Testprozesses bereit. Eine Stromversorgung ist an eine linke Seite der Zuleitung **108** gekoppelt und eine Stromrückführung/ Temperatureinstellerrückführung ist an die rechte Seite der Beanspruchungsleitung **106** gekoppelt. Eine Temperatureinsteller-Versorgung ist an die linke Seite des Temperatureinstellers **104** gekoppelt. Der Strom **119** durch das Via **110a** umfasst zwei Komponenten: den Strom  $e_F$  durch die Zuleitung **108** und den Strom  $e_H$  durch den Temperatureinsteller **104**. Folglich kann der Elektronenfluss **119** unter Verwendung von nachstehender Gleichung 1 bestimmt werden.

$$e_{119} = e_F + e_H \quad \text{Gl. 1:}$$

Das Verhältnis der Ströme  $e_H$  und  $e_F$  bestimmt z.B. die Temperatur des Vias **110** in diesem Ausführungsbeispiel.

**[0060]** **Fig. 6** zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei ein Temperatureinsteller **104** einen Kontakt mit einem unteren Teilbereich ei-

nes Vias **110** herstellt, z.B. durch eine Zuleitung **108**. Das Via **110** wird beispielsweise durch den Bodenkontakt der Zuleitung **108** mit dem Temperatureinsteller **104** erhitzt. Die Teststruktur **100** umfasst eine Upstream-Konfiguration, wobei die Zuleitung **108** in einer niedrigeren Leitbahnschicht **M1** ausgebildet ist und der Strom **119** durch das Via **110** nach oben zu der Beanspruchungsleitung **106** fließt, die in der Leitbahnschicht **M2** ausgebildet ist. Der Temperatureinsteller **104** ist in der leitenden Schicht **M0** ausgebildet und ist, wie gezeigt, an die Zuleitung **108** durch das in der leitenden Schicht **V0** ausgebildete Via **128** gekoppelt. In diesem Ausführungsbeispiel stellt der Temperatureinsteller **104** einen Teil  $e_H$  des Stroms **119** durch das Via **110a** während eines Testprozesses bereit. Der Strom **119** durch das Via **110a** umfasst zwei Komponenten: den Strom  $e_F$  durch die Zuleitung **108** und den Strom  $e_H$  durch den Temperatureinsteller **104**. Folglich kann der Strom **119** unter Verwendung von obenstehender Gl. 1 bestimmt werden.

**[0061]** Man beachte, dass in den Ausführungsbeispielen, die in den **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt sind, ein in **Fig. 1** gezeigter Regelkreis **114** vorzugsweise ebenfalls in den Teststrukturen **100** beinhaltet ist, um z.B. eine Rückmeldung bezüglich der Temperatur der Vias **110a** bzw. **110** im Vergleich zu der Temperatur der Beanspruchungsleitung **106** bereitzustellen. Alternativ können die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$  der Vias **110a** und **110** und der Beanspruchungsleitung **106** überwacht werden, und der Temperatureinsteller **104** kann verwendet werden, um z.B. die Temperatur  $T_1$  des Vias **110** wie gewünscht vor oder während einer Testdurchführung zu erhöhen oder zu verringern.

**[0062]** Man beachte ebenso, dass in den **Fig. 1**, **Fig. 4**, **Fig. 5** und **Fig. 6** ein Isoliermaterial **112** gezeigt ist, das unterhalb der oberen Leitbahnen, z.B. den Zuleitungen **108** und/oder den Beanspruchungsleitungen **106**, angeordnet ist. Ein Isoliermaterial **112** ist, wie gezeigt, vorzugsweise ebenfalls z.B. über den Zuleitungen **108** und/oder Beanspruchungsleitungen **106** in den oberen Metallisierungsschichten **M2** wie gezeigt angeordnet. Das Isoliermaterial **112** kann z.B. eine Vielzahl von Isoliermaterialschichten umfassen.

**[0063]** In den **Fig. 1**, **Fig. 4**, **Fig. 5** und **Fig. 6** kann die Zuleitung **108** in einigen Ausführungsbeispielen eine dünne Leitbahn mit im Wesentlichen der gleichen Breite wie die Beanspruchungsleitung **106** umfassen. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Temperatureinsteller **104** eine Kühlanordnung umfasst, die angepasst ist, um z.B. die in dem beanspruchten Via erzeugte Hitze zu entfernen. Die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** können dann bei ungefähr der gleichen Temperatur gehalten werden. In Anwendungen, worin die Zuleitung **108** im Wesentlichen die gleiche Breite wie die Beanspruchungsleitung **106** umfasst, kann die Zuleitung **108**, wie in **Fig. 10** gezeigt, z.B. in dem gleichen Metallisierungs-

niveau wie die Beanspruchungsleitung **106** in einer einzelnen leitenden Materialschicht ausgebildet werden, was nachfolgend hierin beschrieben wird, und ebenso in der US-Patentanmeldung mit der Anmeldenummer, Anwaltskennzeichen Nr. 2006 P 54041 US, die am 06. Februar 2007 angemeldet wurde mit dem Titel „Semiconductor Device Test Structures and Methods“, welche hierin unter Bezugnahme eingearbeitet ist, beschrieben ist.

**[0064]** In weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Zuleitung **108** jedoch vorzugsweise eine breitere Platte mit einer Breite, die z.B. größer ist als die Breite der Beanspruchungsleitung **106**. Eine breitere Zuleitung **108** führt zu geringerer Stromwärme und höherer Wärmeableitung in der Zuleitung **108**. Die Zuleitung **108** mit einer größeren Breite als der Breite der Beanspruchungsleitung **106** ist vorteilhaft, weil Elektromigrationseffekte in der Zuleitung **108** reduziert werden und die Temperatur in der Zuleitung **108** niedriger gehalten wird als in der Beanspruchungsleitung **106**, so dass sogar mit Erhitzen des beanspruchten Vias **110** die Temperatur des beanspruchten Vias **110** unterhalb der Temperatur der Beanspruchungsleitung **106** bleibt. Die verbleibende Temperaturdifferenz kann dann z.B. unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** eingestellt werden.

**[0065]** Fig. 7 und Fig. 8 zeigen Schnittansichten von bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, die Wärmekollektoren **132** und **134** in der Nähe der beanspruchten Vias **110a** und **110** der Teststrukturen **100** beinhalten. Wieder werden ähnliche Ziffern für die verschiedenen Elemente verwendet, die verwendet wurden, um die Elemente in den vorangegangenen Figuren zu beschreiben, und um eine Wiederholung zu vermeiden, wird nicht jedes in den Fig. 7 und Fig. 8 gezeigte Bezugszeichen hierin erneut im Detail beschrieben.

**[0066]** Fig. 7 zeigt eine Teststruktur **100**, die eine Downstream-Konfiguration in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst, wobei die Zuleitung **108** in einer oberen Leitbahnschicht **M3** ausgebildet ist und ein Strom **119** durch das beanspruchte Via **110a** nach unten zu der in einer Leitbahnschicht **M2** ausgebildeten Beanspruchungsleitung **106** fließt. Der Temperatureinsteller **104** ist in einer leitenden Schicht **M0**, die unterhalb des Vias **110a** und der Zuleitung **108** angeordnet ist, ausgebildet.

**[0067]** Ein Wärmekollektor **132** ist, wie gezeigt, unterhalb des Vias **110a** angeordnet und ebenso unterhalb der Zuleitung **108**. Der Wärmekollektor **132** umfasst vorzugsweise wie gezeigt eine in der leitenden Schicht **M1** ausgebildete breite Metallplatte, die überhalb und in der Nähe des Temperatureinstellers **104** angeordnet ist. Der Wärmekollektor **132** umfasst vorzugsweise z.B. eine Wärmesenke, die die Wärme-

übertragung zwischen dem Temperatureinsteller **104** und dem Via **110a** erleichtert.

**[0068]** Der Wärmekollektor **132** kann, wie gezeigt, optional an die Beanspruchungsleitung **106** unter Verwendung eines oder mehrerer Vias **136a**, die in der leitenden Schicht **V1** ausgebildet sind, gekoppelt werden. Das Koppeln des Wärmekollektors **132** an die Beanspruchungsleitung **106** erleichtert darüber hinaus z.B. das Übertragen der Temperatur von dem Temperatureinsteller **104** zu dem Via **110a**, wenn der Strom **119** während Elektromigrationstests durchgeleitet wird. Der Wärmekollektor **132** absorbiert Wärme von einem Teilbereich der Teststruktur **100** mit einer größeren Temperatur, z.B. von dem Via **110a** oder dem Temperatureinsteller **104**.

**[0069]** Ein optionaler Wärmekollektor **134** kann, wie gezeigt, ebenso in der leitenden Schicht **M2** oberhalb des in der leitenden Schicht **M1** ausgebildeten Wärmekollektors **132** ausgebildet werden. Der Wärmekollektor **134** umfasst ebenso eine Wärmesenke, die eine Metallplatte umfasst. Der Wärmekollektor **132**, Wärmekollektor **134** und die Zuleitung **108** können z.B. breite Platten umfassen, die parallel zueinander in leitenden Schichten **M1**, **M2** und **M3** positioniert sind. Der Wärmekollektor **134** kann optional, wie gezeigt, durch in der leitenden Schicht **V2** ausgebildete Vias **110b** an die Zuleitung **108** gekoppelt werden. Nur zwei Vias **110b** sind in Fig. 7 gezeigt; dennoch kann alternativ z.B. eine Vielzahl von Vias **110b** verwendet werden, um den Wärmekollektor **134** thermisch an die Zuleitung **108** zu koppeln.

**[0070]** Eher als den Wärmekollektor **134** an die Zuleitung **108**, wie voranstehend hierin beschrieben, zu koppeln, kann der Wärmekollektor **132** optional, wie gestrichelt in Fig. 7 gezeigt, an die Zuleitung **108** unter Verwendung zumindest eines in der leitenden Schicht **V1** ausgebildeten Vias **136b** gekoppelt werden. Die Wärmekollektoren **132** und **134** und optional die Vias **110b**, **136a** oder **136b** erleichtern vorteilhafterweise eine Temperaturübertragung durch z.B. die verschiedenen Materialschichten **M0**, **M1**, **V1**, **M2**, **V2** und **M3** der Teststruktur **100**.

**[0071]** Fig. 8 zeigt eine Teststruktur **100**, die eine Upstream-Konfiguration in Übereinstimmung mit einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst, wobei die Zuleitung **108** in einer niedrigeren Leitbahnschicht **M2** ausgebildet ist und der Strom **119** nach oben durch das Via **110** zu der in der Leitbahnschicht **M3** ausgebildeten Beanspruchungsleitung **106** fließt. Der Temperatureinsteller **104** ist in der leitenden Schicht **M0** ausgebildet und ist in der Nähe der Zuleitung **108** angeordnet, z.B. in der Nähe eines zwischen dem Temperatureinsteller **104** und der Zuleitung **108** angeordneten Wärmekollektors **132**. Der Wärmekollektor **132** ist, wie gezeigt, optional an die Zuleitung **108** durch ein in der leitenden

den Schicht **V1** ausgebildetes Via **136** gekoppelt. Ein Wärmekollektor **132** ist in einer leitenden Schicht **M1** in der Nähe des Temperatureinstellers **104** ausgebildet. Vorteilhafterweise erleichtert der Wärmekollektor **132** ein Übertragen der durch den Temperatureinsteller **104** gemachten Temperaturänderungen und -einstellungen. Der Wärmekollektor **132** kann, wie gezeigt, eine in der leitenden Schicht **M1** ausgebildete breite Platte umfassen, die optional an die Zuleitung **108** durch ein oder mehrere in der leitenden Schicht **V1** ausgebildete Vias **136** gekoppelt sein kann.

**[0072]** Wieder beinhalten die in den **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigten Teststrukturen **100** vorzugsweise z.B. den in **Fig. 1** gezeigten Regelkreis **114**.

**[0073]** In den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, die in den **Fig. 1**, **Fig. 4**, **Fig. 5**, **Fig. 6**, **Fig. 7** und **Fig. 8** gezeigt sind, umfassen die neuen Temperatureinsteller **104** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung Heiz- oder Kühl-Elemente oder -Merkmale, die in einer Richtung angeordnet sind, die im Wesentlichen parallel zu den Teststrukturen **100**, z.B. parallel zu der Zuleitung **108**, dem Via **110** oder **110a** und der Beanspruchungsleitung **106** sind. Jedoch können die neuen Temperatureinsteller von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung alternativ in einer Richtung senkrecht zu den Teststrukturen **100** ausgebildet werden, welche die Zuleitung **108**, das Via **110** und die Beanspruchungsleitung **106** beinhalten. **Fig. 9** und **Fig. 10** zeigen Schnittansichten von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung, wobei der Temperatureinsteller eine Leitbahn **138** umfasst, die senkrecht zu der Zuleitung **108**, dem Via **110** oder **110a** und der Beanspruchungsleitung **106** angeordnet ist. Optional kann die Leitbahn **138** in jede Form, die neben der Teststruktur **100** angeordnet ist, erweitert werden, und die Leitbahn **138** kann selbst eine Heiz-/Kühlanordnung (z.B. einen Temperatureinsteller) ausbilden. Optional kann die Leitbahn **138** z.B. mit jeder anderen Schicht verbunden werden, welche nicht gezeigte Kühl- oder Heizanordnungen beinhalten kann.

**[0074]** **Fig. 9** zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei der Temperatureinsteller **138** in einer zu der Zuleitung **108**, dem Via **110** und der Beanspruchungsleitung **106** senkrechten Richtung in der Teststruktur in der Nähe des Vias **110** in einer über dem Via **110** angeordneten leitenden Schicht **M3** angeordnet ist. Der Temperatureinsteller **138** umfasst eine in der leitenden Schicht **M3** ausgebildete Leitbahn, die in das Blatt hineinläuft und aus diesem herauskommt, z.B. senkrecht zu der Zuleitung **108**, dem Via **110** und der Beanspruchungsleitung **106**. Der Strom für Elektromigrationstests wird von links nach rechts durch die Zuleitung **108**, das Via **110** und die Beanspruchungsleitung **106** geleitet. Der Strom wird durch die Leitbahn des Temperatureinstellers **138** geleitet, um z.B.

das Gebiet des Vias **110** und optional ebenso die Zuleitung **108** zu erhitzen oder zu kühlen.

**[0075]** **Fig. 10** zeigt ein Ausführungsbeispiel, wobei die Zuleitung **108** in der gleichen leitenden Materialschicht **M1** wie die Beanspruchungsleitung **106** ausgebildet ist, und wobei der Temperatureinsteller **138** senkrecht zu der Zuleitung **108** und der Beanspruchungsleitung **106** ist. Der Temperatureinsteller **138** ist in diesem Ausführungsbeispiel z.B. in der gleichen leitenden Materialschicht **M1** wie die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** ausgebildet.

**[0076]** In diesem Ausführungsbeispiel ist mehr als ein einzelnes Via **110a** erforderlich, um die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** aneinander zu koppeln. Die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** werden vorzugsweise durch ein leitendes Merkmal, das zumindest ein erstes Via **110a** und zumindest ein zweites Via **110b**, die in einer leitenden Schicht **V1** angrenzend an die leitende Schicht **M1** ausgebildet sind, und eine Verbindung **140**, die in einer angrenzend an die leitende Schicht **V1** angeordneten leitenden Schicht **M2** ausgebildet ist, wie gezeigt aneinandergesetzt.

**[0077]** Die in **Fig. 10** gezeigte Teststruktur **100** ist insbesondere vorteilhaft, weil die Temperaturhomogenität der Teststruktur **100** durch Ausbilden der Zuleitung **108** in der gleichen leitenden Materialschicht **M1**, in der die Beanspruchungsleitung **106** ausgebildet ist, weiter verbessert wird. Die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** umfassen vorteilhafterweise die gleiche Dicke und können auch vorgesehen sein, die gleiche Breite zu haben; folglich haben die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** die gleiche erzeugte Stromwärme und die gleiche Wärmeableitung pro gegebener Länge.

**[0078]** Man beachte, dass in den in den **Fig. 9** und **Fig. 10** gezeigten Ausführungsbeispielen, die senkrechte Temperatureinsteller **138** umfassen, optionale Wärmekollektoren **132** und **134** (s. **Fig. 7** und **Fig. 8**) optional ebenso beinhalten sein können. Der in **Fig. 1** gezeigte Regelkreis ist ebenfalls vorzugsweise z.B. in den in den **Fig. 9** und **Fig. 10** gezeigten Ausführungsbeispielen beinhalten.

**[0079]** Darüber hinaus ist das beanspruchte Via **110a**, das für Probleme während Elektromigrationstests z.B. durch Unterbrechungen oder Hohlräume, die sich in der Nähe des Vias **110a** aufgrund von Elektromigration ausbilden, anfällig ist, das interessierende Via während oder nach den Testverfahren unter Verwendung der Teststruktur **100**, und folglich werden Abfrageleitungen vorzugsweise oberhalb und unterhalb dieses Vias **110**, wie in **Fig. 1** bei Kontaktpunkten **116a** und **116b** gezeigt, gekoppelt. Demnach umfasst die in **Fig. 10** gezeigte Teststruktur **100** eine Downstream-Konfiguration: Beispielsweise fließt der

Strom nach unten durch das Via **110a**, das am nächsten zu der Beanspruchungsleitung **106** ist, welche unter Verwendung der in **Fig. 1** gezeigten Kontaktpunkte **116b** und **116c** ebenfalls überwacht wird. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beinhalten ebenso Teststrukturen, die denen der in **Fig. 10** gezeigten Teststruktur **110** ähneln, wobei eine Upstream-Konfiguration implementiert ist. Beispielsweise können die Verbindung **140** und die Vias **110a** und **110b** in leitenden Schichten **M0** und **V0** ausgebildet sein, die unterhalb der leitenden Schicht **M1**, in der die Zuleitung **108** und die Beanspruchungsleitung **106** ausgebildet sind, angeordnet sind: Beispielsweise kann eine Teststruktur in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine „auf den Kopf gestellte“ Version der in **Fig. 10** gezeigten Teststruktur **100** umfassen.

**[0080]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können in vielen Konfigurationen implementiert sein und Kombinationen einer Vielfalt der hierin beschriebenen optionalen Merkmale verwenden. **Fig. 11** bis **Fig. 17** zeigen z.B. perspektivische Ansichten von Teststrukturen **200**, **300**, **400**, **500**, **600**, **700** und **800** in Übereinstimmung mit mehreren bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung. Es werden ähnliche Ziffern für die verschiedenen Elemente verwendet, die verwendet wurden, um die Elemente in den vorangegangenen Figuren zu beschreiben. Um eine Wiederholung zu vermeiden, ist nicht jedes in den **Fig. 11** bis **Fig. 17** gezeigte Bezugszeichen hierin erneut im Detail beschrieben. Eher werden ähnliche Materialien x02, x04, x06, x08, usw. vorzugsweise für die verschiedenen gezeigten Materialschichten verwendet, wie sie für die **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 10** beschrieben wurden, wo x=1 in den **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 10**, x=2 in **Fig. 11**, x=3 in **Fig. 12**, x=4 in **Fig. 13**, x=5 in **Fig. 14**, x=6 in **Fig. 15**, x=7 in **Fig. 16** und x=8 in **Fig. 17** ist. Beispielsweise werden die für den neuen Temperatureinsteller **104** in der Beschreibung für die **Fig. 1** und **Fig. 4** bis **Fig. 10** beschriebenen bevorzugten und alternativen Materialien und Abmessungen vorzugsweise ebenfalls für den in **Fig. 11** gezeigten Temperatureinsteller **204** verwendet.

**[0081]** **Fig. 11** stellt eine perspektivische Ansicht einer Teststruktur **200** dar, die eine Downstream-Konfiguration umfasst. Ein Temperatureinsteller **204** ist in einer unteren leitenden Schicht **M-1** der Halbleiteranordnung ausgebildet. Der Temperatureinsteller **204** umfasst einen gewundenen Pfad von leitendem Material, das unterhalb des Gebiets des beanspruchten Vias **210** angeordnet ist. Ein Strom **246** wird durch Anlegen einer Spannung **H-** und **H+** über den Temperatureinsteller **204** durch den Temperatureinsteller **204** geleitet.

**[0082]** Ein Wärmekollektor **232** ist in einer leitenden Materialschicht **M0** angrenzend an die leitende

Schicht **M-1** angeordnet. Der Wärmekollektor **232** umfasst eine breite Metallplatte, die parallel zu dem Temperatureinsteller **204** angeordnet ist. Der Wärmekollektor **232** ist an die in der leitenden Schicht **M1** ausgebildete Beanspruchungsleitung **206** durch ein in der leitenden Schicht **V0** ausgebildetes Via **236** gekoppelt. Die Beanspruchungsleitung **206** kann eine Länge von z.B. ungefähr 300 µm umfassen, obwohl die Beanspruchungsleitung **206** alternativ andere Abmessungen umfassen kann. Die Beanspruchungsleitung **206** ist, in **Fig. 11** nicht gezeigt, genau genommen im Wesentlichen länger als die Zuleitung **208** (z.B. erstreckt sich die Beanspruchungsleitung **206** nach rechts). Die leitende Schicht **M0** beinhaltet, wie gezeigt, auch eine an den Wärmekollektor **232** gekoppelte Abfrageleitung **244** für ein Signal **S<sub>dn-</sub>**. Die Abfrageleitung **244** ist durch den Wärmekollektor **232** und Via **236** an die Beanspruchungsleitung **206** und somit auch an den Boden des beanspruchten Vias **210** gekoppelt.

**[0083]** Die Zuleitung **208** ist in der oberen leitenden Schicht **M2** ausgebildet. Eine Abfrageleitung **242** für ein Signal **S<sub>up-</sub>** ist ebenfalls in der leitenden Schicht **M2** ausgebildet und ist an die Zuleitung **208** gekoppelt; folglich ist die Abfrageleitung **242** auch an das obere Ende des beanspruchten Vias **210** gekoppelt. Die Zuleitung **208** kann in diesem Ausführungsbeispiel z.B. breiter sein als die Beanspruchungsleitung **206**, um die Temperatur der Zuleitung **208** relativ zu der Temperatur der Beanspruchungsleitung **206** zu verringern. Die Zuleitung **208** kann, wie in **Fig. 11** gezeigt, auch dicker sein als die Beanspruchungsleitung **206**. Die Abfrageleitung **242** unterstützt bei der Ableitung von Wärme, die der Teststruktur **200**, z.B. dem Via **210**, entstammt.

**[0084]** Der Strom **219** wird in diesem Ausführungsbeispiel durch Anlegen einer Spannung **F-** und **F+** an die Teststruktur **200** während der Elektromigrationstests von der Zuleitung **208** nach unten durch das Via **210** zu der Beanspruchungsleitung **206** geleitet. Abhängig von der Breite der Beanspruchungsleitung **206** kann der Strom **219** die Größenordnung von z.B. ungefähr Hunderten von Milliampere (mA) umfassen, und für schmale Leitungen kann der Strom **219** die Größenordnung von ungefähr zig von mA umfassen, obwohl andere Mengen von Strom **219** ebenso für Elektromigrationstests unter Verwendung der Teststruktur **200** verwendet werden können. Messungen können durchgeführt und überwacht werden unter Verwendung der Abfrageleitungen **242** und **244**, z.B. durch Beobachten der Signale **S<sub>dn-</sub>** und **S<sub>up-</sub>** zu **S+**, um die Elektromigrationseffekte auf das Via **210** zu bestimmen.

**[0085]** Eine weitere Messung kann z.B. auf der rechten Seite der Beanspruchungsleitung **206** bei Abfrageleitung **S+** durchgeführt und überwacht werden und mit dem Signal **S<sub>dn-</sub>** verglichen werden, um die

Elektromigrationseffekte auf die Beanspruchungsleitung **206** zu bestimmen.

**[0086]** Fig. 12 zeigt eine Teststruktur **300**, die ebenfalls eine Downstream-Konfiguration hat und einen in der leitenden Schicht **M1** ausgebildeten Wärmekollektor **334** beinhaltet. Der Wärmekollektor **334** ist an die Zuleitung **308** durch eine Vielzahl von in der leitenden Schicht **V1** ausgebildeten Vias **310b** gekoppelt. Die Zuleitung **308** ist in einer oberen leitenden Schicht **M2** ausgebildet. Die Zuleitung **308** beinhaltet z.B. eine breite Metallplatte, die auch als eine Wärmesenke wirkt, z.B. als ein Wärmekollektor zum Abführen von Temperaturänderungen, die durch den Temperatureinsteller **304** verursacht werden. Eine Abfrageleitung **342** ist ebenfalls in der leitenden Schicht **M2** ausgebildet und ist an die Zuleitung **308** gekoppelt; folglich ist die Abfrageleitung **342** ebenfalls an das obere Ende des beanspruchten Vias **310a** gekoppelt. Die Abfrageleitung **342** ist, wie gezeigt, an ein Signal  $S_{V_{TOP}}$  gekoppelt. Die Beanspruchungsleitung **306** kann eine Länge von z.B. ungefähr 300  $\mu\text{m}$  umfassen, obwohl die Beanspruchungsleitung **306** alternativ andere Abmessungen umfassen kann.

**[0087]** Ein Temperatureinsteller **304** ist z.B. in der unteren leitenden Schicht **M0** ausgebildet, der mit (nicht gezeigten) Versorgungsleitungen für **H-** und **H+** unter Verwendung von Vias **354** verbunden ist. Ein Teilbereich der leitenden Schicht **M0** wird in diesem Ausführungsbeispiel auch verwendet, um Verbindungen für eine Abfrageleitung **344**, die in der leitenden Schicht **M1** ausgebildet ist, weiterzuleiten. Beispielsweise stellt ein Via **336** eine elektrische Verbindung zu der Beanspruchungsleitung **306** her und folglich auch zu dem Boden des Vias **310a**. Eine in der leitenden Schicht **M0** ausgebildete Leitbahn **350** ist an das Via **336** gekoppelt, und die Leitbahn **350** ist, wie gezeigt, unter Verwendung des Vias **348** in der leitenden Schicht **V0** an die Abfrageleitung **344** gekoppelt, welche mit dem Abfrageleitungssignal  $S_{V_{BOT}}$  verbunden ist.

**[0088]** Der Wärmekollektor **334** unterstützt in diesem Ausführungsbeispiel vorteilhafterweise z.B. beim Übertragen von Temperaturerhöhungen oder -verringerungen durch den Temperatureinsteller **304** nach oben zu dem Via **310a** und zur Zuleitung **308**. Die Zuleitung **308** beinhaltet ein breites Plattengebiet, das einen Wärmekollektor umfasst, der angepasst ist, um darüber hinaus bei der Ableitung von Temperaturänderungen zu unterstützen.

**[0089]** Fig. 13 zeigt noch ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, die in einer Downstream-Konfiguration konfiguriert ist. Die Teststruktur **400** beinhaltet eine Vielzahl von Wärmekollektoren **432a**, **432b** und **434**, die in den jeweiligen leitenden Schichten **M1**, **M2** und **M3** ausgebildet

sind. Die Zuleitung **408** ist in einer oberen leitenden Schicht **M4** ausgebildet, und das beanspruchte Via **110**, das die Zuleitung **408** an die Beanspruchungsleitung **406** koppelt, ist in der leitenden Schicht **V3** ausgebildet. Der Wärmekollektor **432a** ist an den Wärmekollektor **432b** durch zumindest ein in der leitenden Schicht **V1** ausgebildetes Via **436a** gekoppelt und der Wärmekollektor **432a** ist an den Wärmekollektor **434** durch in der leitenden Schicht **V2** ausgebildete Vias **436b** gekoppelt. Via **436c** koppelt Wärmekollektor **432a** an die Beanspruchungsleitung **406**.

**[0090]** Eine Abfrageleitung **442** für das Signal  $S_{V_{TOP}}$  ist an das obere Ende von Via **410** gekoppelt, indem sie an die Zuleitung **408** gekoppelt ist. Die Zuleitung **408** beinhaltet ein breites Gebiet, das als ein Wärmekollektor wirkt, der über dem Stapel von Wärmekollektoren **432a**, **432b** und **434** angeordnet ist, welche oberhalb des Temperatureinstellers **404** angeordnet sind. Die Abfrageleitung **444** für das Signal  $S_{V_{BOT}}$  ist an den Boden von Via **410** gekoppelt, indem sie an den Wärmekollektor **432a** gekoppelt ist, welcher an Via **436a** gekoppelt ist, das an die Beanspruchungsleitung **406** in der Nähe von Via **410** gekoppelt ist. Der Strom **419** fließt während Elektromigrationstests durch Anlegen einer Spannung **F-** und **F+** über die Teststruktur **400** in einer Downstream-Richtung durch das Via **410**.

**[0091]** Fig. 14 stellt eine perspektivische Ansicht einer Teststruktur **500** dar, die eine Upstream-Konfiguration umfasst. Die Zuleitung **508** ist in einer leitenden Schicht **M0** ausgebildet und beinhaltet eine breite Platte, die als ein Wärmekollektor zur Unterstützung beim Absorbieren von Temperaturänderungen wirkt, die durch den Temperatureinsteller **504** in der leitenden Schicht **M-1** verursacht werden. Der Temperatureinsteller **504** ist in der leitenden Schicht **M-1** unterhalb der Zuleitung **508** ausgebildet und ist an die Zuleitung **508** durch ein in der leitenden Schicht **V-1** ausgebildetes Via **528** gekoppelt.

**[0092]** Der Strom  $e_H$  wird durch ein an den Temperatureinsteller **504** angelegtes Signal **H-** erzeugt. Der Strom  $e_H$  trägt in diesem Ausführungsbeispiel zu einem Teil des Stroms **519** durch die Beanspruchungsleitung **506** bei. Der andere Teil des Stroms **519** umfasst den Strom  $e_F$  durch die Zuleitung **508**, welcher durch das an die Zuleitung **508** angelegte Signal **F-** erzeugt wird. Die Rückführung (return) **F+** und Abfrageleitung **S+** befinden sich an dem den Signalen **H-** und **F-** gegenüber liegenden Ende der Beanspruchungsleitung **506**. Die Abfrageleitung **542** für das Signal  $S_{up}$  in der leitenden Schicht **M2** stellt einen Zugang zu dem oberen Ende des Vias **510** durch das Via **552** in der leitenden Schicht **V1** und einen Teilbereich der Beanspruchungsleitung **506** bereit. Die Abfrageleitung **544** für das Signal  $S_{dn}$  in der leitenden Schicht **M1** stellt einen Zugang zu dem Boden des Vias **510** bereit. Die Abfrageleitungen **542** und **544**

stellen ebenso z.B. ein Kühlen oder ein Temperaturableiten von durch den Temperatureinsteller **504** verursachten Temperaturänderungen bereit.

**[0093]** Fig. 15 zeigt eine Teststruktur **600**, die eine Upstream-Konfiguration umfasst, wobei die Zuleitung **608** in der leitenden Schicht **M1** eine breite Metallplatte beinhaltet, die als ein Wärmekollektor für das Ableiten von Temperaturänderungen wirkt, die durch den Temperatureinsteller **604** verursacht werden. Ein Wärmekollektor **634** ist über der Zuleitung **608** angeordnet und ist an einer Vielzahl von Stellen an die Zuleitung **608** durch die Vias **610b** in der leitenden Schicht **V1** gekoppelt. Die Abfrageleitung **642** für das Signal  $S_{VTOP}$  umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ein verbreitertes Metallplattengebiet, das als ein Wärmekollektor wirkt, der angepasst ist, um die Ableitung von Temperaturänderungen von dem darunterliegenden Temperatureinsteller **604**, der Zuleitung **608** und dem Wärmekollektor **634** zu erleichtern. Die Zuleitung **608** stellt in diesem Ausführungsbeispiel den gesamten Strom **619** für die Elektromigrationstests durch das Via **610a** und die Beanspruchungsleitung **606** bereit.

**[0094]** Fig. 16 zeigt noch eine weitere Teststruktur **700** mit einer Upstream-Konfiguration in Übereinstimmung mit einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel ist ähnlich zu dem in Fig. 15 gezeigten Ausführungsbeispiel, jedoch trägt der Temperatureinsteller **704** zu einem Teil  $e_H$  des Stroms **719** während der Elektromigrationstests bei. Der Temperatureinsteller **704** ist durch ein in der leitenden Schicht **V0** ausgebildetes Via **728** und ebenso durch die Zuleitung **708** an das Via **710a** gekoppelt.

**[0095]** Fig. 17 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, das eine ähnliche Konfiguration wie die in Fig. 16 gezeigte Teststruktur **700** umfasst. Die in Fig. 17 gezeigte Teststruktur **800** beinhaltet drei zusätzliche Merkmale in der Nähe des Gebiets der Zuleitung **808**: zumindest eine breite Leitbahn **808b**, zumindest eine schmale Leitbahn **808a** und zumindest eine in der leitenden Schicht **V1** ausgebildete Viakette **856/857/858**. Die schmale Leitung **808a** hat vorzugsweise die gleiche Breite wie die Beanspruchungsleitung **806** und ist vorzugsweise in dem gleichen M2-Niveau platziert, in der die Beanspruchungsleitung **806** ausgebildet ist. Die schmale Leitung **808a** umfasst vorzugsweise eine Breite, die z.B. geringer ist als oder im Wesentlichen gleich ist der Breite der breiten Leitbahn. Die Viakette **856/857/858** hat vorzugsweise die gleiche Größe von Via **857** wie das beanspruchte Via **810a**. Diese drei Merkmale werden durch den Temperatureinsteller **804** homogen erhitzt und/oder gekühlt. Die schmale Leitung **808a**, die breite Leitung **808b**, die Viakette **856/857/858** und der Temperatureinsteller **804** umfassen in Überein-

stimmung mit Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine neue TCR-Bestimmungs-Teststruktur. Die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** werden hierin ebenfalls z.B. als TCR-Bestimmer bezeichnet.

**[0096]** Die breite Leitung **808b** wird z.B. als eine TCR-Referenz und auch als eine Zuleitung verwendet. Die schmale Leitung **808a**, die einen TCR-Bestimmer umfasst, kann für eine TCR-Kalibrierung der schmalen Leitung des M2-Niveaus (d.h. TCR-Kalibrierung der Beanspruchungsleitung **806**) verwendet werden. Die Viakette **856/857/858**, die einen TCR-Bestimmer umfasst, kann z.B. für eine TCR-Kalibrierung des VI-Niveaus (d.h. eine TCR-Kalibrierung des beanspruchten Vias **810a**) verwendet werden.

**[0097]** In Fig. 17 ist die TCR-Bestimmungs-Teststruktur als in der Nähe des beanspruchten Vias **810a** einer Teststruktur **800** angeordnet gezeigt, die eine Zuleitung **808**, eine Beanspruchungsleitung **806** und ein beanspruchtes Via **810a** umfasst, wie hierin für die in den vorstehenden Figuren gezeigten Teststrukturen **100**, **200**, **300**, **400**, **500**, **600** und **700** beschrieben wurde. Die breite Leitung **808b** umfasst eine breite Leitbahn, die in der Nähe der Zuleitung **808** angeordnet ist und sich entlang einer Seite dieser erstreckt, und die breite Leitung **808b** ist ebenfalls in der Nähe des beanspruchten Vias **810a**. Alternativ kann die TCR-Bestimmungs-Teststruktur, die die breite Leitung **808b**, die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** umfasst, z.B. separat als eine unabhängige Teststruktur zum Bestimmen des TCRs von Vias **857** in der Viakette und/oder zum Bestimmen des TCRs von schmalen Leitbahnen, wie z.B. der Beanspruchungsleitung **806**, in einer leitenden Materialschicht verwendet werden. In weiteren Ausführungsbeispielen kann die TCR-Bestimmungs-Teststruktur, in den Zeichnungen nicht gezeigt, eine breite Leitung **808b** und eine Viakette **856/857/858** umfassen, die in der Nähe der Beanspruchungsleitung **806** angeordnet sind und sich entlang der Seiten dieser erstrecken. In Fig. 17 ebenfalls nicht gezeigt sind optionale Dummy-Leitungen (wie sie für Lithografie zwecke gebraucht werden können), die zwischen der beschriebenen breiten Leitung **808b**, der schmalen Leitung **808a** (oder Beanspruchungsleitung **806**) und der Viakette **856/857/858** verschachtelt sind. Diese Dummy-Leitungen können ebenso z.B. für eine Fließpressüberwachung (extrusion monitoring) und/oder Temperaturgleichmäßigkeitsverbesserung verwendet werden.

**[0098]** Man beachte, dass die breite Leitung **808b** als im Bereich **855** weggeschnitten gezeigt ist, um die Viakette **856/857/858** in den Schichten **M1**, **V1** und **M2** in Fig. 17 besser sichtbar zu machen.

**[0099]** Die breite Leitung **808b** kann in der gleichen Schicht **M2** wie die Beanspruchungsleitung **806** plat-

ziert sein, obwohl die breite Leitung **808b** in anderen Materialschichten ausgebildet sein kann. Die breite Leitung **808b** umfasst vorzugsweise eine Breite von z.B. grob ungefähr 1 µm mit einer oberen Begrenzung von ungefähr 2 µm für Damascene-Techniken (um CMPdishing zu vermeiden) und einer unteren Grenze von ungefähr 0,3 µm (wo größenabhängige Elektronenstreuung den TCR merkbar beeinflussen), obwohl die breite Leitung **808b** alternativ andere Abmessungen umfassen kann. Vorzugsweise umfasst die breite Leitung **808b** in einigen Ausführungsbeispielen eine Breite von z.B. ungefähr 2 µm oder weniger. Die breite Leitung **808b** umfasst vorzugsweise eine Leitbahn mit einer größeren Breite als oder einer Breite, die im Wesentlichen gleich ist der Breite eines Teilbereichs des TCR-Bestimmers, z.B. der schmalen Leitung **808a**. Die breite Leitung **808b** kann eine Leitbahn mit z.B. einer größeren Breite als der Breite der Vias **857** oder der Verbindungen **856** und **858** in der Viakette **856/857/858** umfassen.

**[0100]** Die schmale Leitung **808a** kann in der gleichen Schicht **M2** wie die Beanspruchungsleitung **806** platziert sein, obwohl die schmale Leitung **808a** in anderen Materialschichten ausgebildet sein kann. Die schmale Leitung **808a** umfasst in einigen Ausführungsbeispielen vorzugsweise eine z.B. identische Breite wie die Breite der Beanspruchungsleitung **806**, obwohl die schmale Leitung **808a** alternativ andere Abmessungen umfassen kann. Eine schmale Leitung **808a** mit einer identischen Materialschicht **M2** und Breite wie die Beanspruchungsleitung **806** ermöglicht vorteilhafterweise, dass die neue TCR-Bestimmungs-Teststruktur verwendet werden kann, um den TCR der Beanspruchungsleitung **806** zu bestimmen. Wenn die Beanspruchungsleitung **806** breiter ausgewählt ist als die breite Leitung **808b**, kann die TCR-Bestimmung für die schmale Leitung **808a** dennoch immer noch vorteilhaft für die Prozess-TCR-Überwachung sein (s. unten).

**[0101]** Die Viakette **856/857/858** umfasst eine Vielzahl von Vias **857** mit im Wesentlichen der gleichen Größe wie das beanspruchte Via **810a** in dem gezeigten Ausführungsbeispiel. Die Vias **857** der Viakette **856/857/858** sind vorzugsweise in der gleichen Materialschicht **V1** ausgebildet, in der die beanspruchten Vias **810a** z.B. ausgebildet sind. Dies ermöglicht die Verwendung der neuen TCR-Bestimmungs-Teststruktur zum Bestimmen des TCR der beanspruchten Vias **857**.

**[0102]** Die Vias **857** sind, wie gezeigt, durch Leitbahnen oder eine Vielzahl von Verbindungen **856** und **858**, die in den **M1**- und **M2**-Schichten unterhalb bzw. oberhalb der Vias **857** in einer Kettenformation ausgebildet sind zusammengekoppelt. Eine Vielzahl von ersten Verbindungen **856** in der unterhalb der Vias **857** angeordneten M1-Schicht koppelt jede zweiten zwei angrenzenden Vias **857** zusammen, und eine

Vielzahl von zweiten Verbindungen **858**, die in der M2-Schicht oberhalb der Vias **857** angeordnet sind, koppelt jede zweiten zwei angrenzenden Vias **857**, die um ein Via **857** von den ersten Verbindungen **856** in der M1-Schicht versetzt sind, zusammen, wodurch eine schlangenartige elektrische Verbindung oder Viakette **856/857/858** in den Schichten **M1**, **V1** und **M2**, wie gezeigt, erzeugt wird.

**[0103]** Die Viakette **856/857/858** und die schmale Leitung **808a** sind vorzugsweise z.B. in der Nähe von oder benachbart zu der breiten Leitung **808b** platziert, um eine Temperaturgleichheit für die breite Leitung **808b**, die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** sicherzustellen, z.B. für den Fall, dass durch einen waferexternen Heizer oder einen Temperatureinsteller **804** erhitzt wird, der in der Nähe der neuen TCR-Bestimmungs-Teststruktur angeordnet ist, die die breite Leitung **808b**, die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858**, wie in **Fig. 17** gezeigt, beinhaltet. Eine Temperatur der Vielzahl von Vias **857** ist im Wesentlichen die gleiche wie eine Temperatur der schmalen Leitbahn **808a**, und ist ebenso im Wesentlichen die gleiche wie eine Temperatur der breiten Leitbahn **808b**, aufgrund der Nähe der breiten Leitbahn **808b** zu der Vielzahl von Vias und zu der schmalen Leitung **808a**. Identische Werte für die Temperaturen des Vias, der schmalen Leitung und der breiten Leitung sind ebenfalls eine Konsequenz der größeren Breite und Länge des Temperatureinstellers **804** verglichen mit den erhitzten Strukturen (nämlich den Vias **857**, der schmalen Leitung **808a** und der breiten Leitung **808b**). Zusätzlich können Wärmekollektoren, die oberhalb und/oder unterhalb der geheizten Strukturen angeordnet sind, eine Temperaturidentität für die Temperaturen des Vias, der schmalen Leitung und der breiten Leitung verbessern.

**[0104]** Beispielsweise kann das Verhältnis zwischen dem Widerstand und der Temperatur eines leitenden Materials, wie z.B. der breiten Leitbahn **808b**, unter Verwendung von nachstehender Gleichung 2 bestimmt werden:

$$R(T) = R(T_0) * (1 + TCR_0 * (T - T_0));$$

Gl. 2:

wobei der Widerstand  $R(T)$  einen Widerstand bei der Temperatur  $T$  umfasst,  $R(T_0)$  der Widerstand des Materials bei einer Anfangstemperatur  $T_0$  ist, und  $TCR_0$  der Temperatur-Widerstandskoeffizient für die Anfangstemperatur  $T_0$  ist. Typische Werte für den TCR von Kupfer bei Raumtemperatur sind für Leitbahnbreiten und -dicken von größer als ungefähr 300 nm konstant (ungefähr 0,004 1/Kelvin(K)), und nähern sich Null an für schrumpfende Leitungsabmessungen in Richtung Null. Der Grund für Breiten-unabhängige TCR-Werte für breitere und dickere Lei-



tungen mit einer Breite und Dicke von mehr als ungefähr 300 nm ist das Vorherrschen von temperaturabhängigem spezifischem Bulkwiderstand, während größenabhängige, weitgehend temperaturunabhängige Streuungseffekte das schmale Leitungsregime dominieren.

**[0105]** Unter Verwendung von Gl. 2 kann die Temperatur  $T_w$  der breiten Leitung **808b** für eine bestimmten Betrag an Strom des Temperatureinstellers **804** unter Verwendung von Gleichung 3 berechnet werden:

$$T_w = (R_w(T_w) - R_w(T_0)) / (R_w(T_0) * TCR_w) + T_0;$$

Gl. 3:

wobei  $R_w(T_w)$  einen gemessenen Widerstand bei der Temperatur  $T_w$  der breiten Leitung **808b** umfasst, und wobei  $R_w(T_0)$  einen zuvor gemessenen Widerstand bei der Temperatur  $T_0$  der breiten Leitung **808b** umfasst. Der  $TCR_w$  für die breiten Leitungen, wie z.B. die breite Leitung **808b** (Breitenregime, wo Bulkstreuung vorherrscht) hängt immer noch ab von z.B. den Leiter- und Liner-Materialien oder der Ausheiltemperatur nach CMP in der Damascene-Technik, aber ist für eine bestimmte Metallisierungstechnologie recht gut definiert. Diese geringe Sensitivität für Prozessvariationen macht die breite Leitung **808b** zu einem idealen Kandidat für die Bestimmung von  $T_w$  (eher als das Verwenden einer schmalen Leitung), insbesondere da, wo die etwas genauere TCR-Bestimmung bei zwei bekannten Temperaturen aufgrund von Testzeit- und/oder Kapazitätsbeschränkungen nicht durchgeführt werden kann, was z.B. typischerweise der Fall ist bei schnellen Elektromigrationstests mit In-Line-Überwachung auf Wafer Ebene. Jedoch kann in einigen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung die breite Leitung **808b** eine Leitung mit z.B. im Wesentlichen der gleichen Breite wie die schmale Leitung **808a** umfassen.

**[0106]** Folglich können in Übereinstimmung mit Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung mit bestimmter  $T_w$  und ebenfalls wissend, dass die Temperaturen  $T_n$  an der schmalen Leitung **808a** und die Temperatur  $T_v$  an der Viakette **856/857/858** (oder an dem beanspruchten Via **810a**) die gleichen wie die bestimmte  $T_w$  ist, die TCRs für die schmale Leitung **808a**,  $TCR_n$  und für die Viakette **856/857/858** (oder das beanspruchte Via **810a**),  $TCR_v$ , unter Verwendung der Gleichungen 4 bzw. 5 berechnet oder bestimmt werden:

$$TCR_n = (R_n(T_n) - R_n(T_0)) / (R_n(T_0) * (T_n - T_0));$$

Gl. 4:

und

$$TCR_v = (R_v(T_v) - R_v(T_0)) / (R_v(T_0) * (T_v - T_0));$$

Gl. 5:

wobei  $R_n$  ein gemessener Widerstand der schmalen Leitung **808a** ist, und  $R_v$  ein gemessener Widerstand des Vias **857** oder **810a** ist.

**[0107]** Um die Reihen von Messungen und Berechnungen in Übereinstimmung mit einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Verwendung der in **Fig. 17** gezeigten TCR-Bestimmungs-Teststruktur zusammenzufassen, werden zuerst bei einer anfänglichen, bekannten Temperatur  $T_0$ , wie z.B. einer Umgebungstemperatur, beispielsweise Messungen des Widerstandes  $R_w(T_0)$  der breiten Leitung **808b**, des Widerstands  $R_v(T_0)$  der Viakette **856/857/858** und des Widerstands  $R_n(T_0)$  der schmalen Leitung **808a** bei der anfänglichen Temperatur  $T_0$  durchgeführt. Als Zweites wird ein Strom an den Temperatureinsteller **804** angelegt, so dass die Temperatur des Temperatureinstellers **804** auf eine unbekannte Temperatur variiert, z.B. sich erhitzt oder kühlt, was die Temperatur der breiten Leitung **808b** in eine unbekannte geänderte Temperatur  $T_w$  ändert. Als Drittes werden Messungen des Widerstandes  $R_w(T_w)$  der breiten Leitung **808b**, des Widerstands  $R_v(T_v)$  der Viakette **856/857/858** und des Widerstands  $R_n(T_n)$  der schmalen Leitung **808a** bei der veränderten Temperatur  $T_w$  durchgeführt. Als Viertes wird die Temperatur  $T_w$  der breiten Leitung **808b** unter Verwendung des angenommenen  $TCR_w$ , der gemessenen Widerstände der breiten Leitung **808b**  $R_w(T_w)$  und  $R_w(T_0)$  und des bekannten Wertes der Anfangstemperatur  $T_0$  unter Verwendung von voranstehender Gl. 3 berechnet. Die Temperaturen  $T_v$  und  $T_n$  der Viakette **856/857/858** und der schmalen Leitung **808a** sind im Wesentlichen gleich der Temperatur  $T_w$ , wie voranstehend hierin beschrieben ist. Als Fünftes wird der Betrag von  $TCR_n$  der schmalen Leitung **808a** unter Verwendung der gemessenen Werte der Widerstände der schmalen Leitung **808a**  $R_n(T_n)$  und  $R_n(T_0)$ , des berechneten Wertes von  $T_n$ , welcher gleich ist mit  $T_w$ , und der bekannten Anfangstemperatur  $T_0$  unter Verwendung von voranstehender Gl. 4 berechnet. Als Sechstes wird der Betrag von  $TCR_v$  der Viakette **856/857/858** unter Verwendung der gemessenen Werte der Widerstände der Viakette **856/857/858**  $R_v(T_v)$  und  $R_v(T_0)$ , des berechneten Werts von  $T_v$ , welcher gleich ist mit  $T_w$ , und der bekannten Anfangstemperatur  $T_0$  unter Verwendung von voranstehender Gl. 5 berechnet.

**[0108]** Vorzugsweise ist ein Regelkreis, wie z.B. der in **Fig. 1** gezeigte Regelkreis **114**, in der TCR-Bestimmungs-Teststruktur beinhaltet, wobei der Regelkreis **114** an den Temperatureinsteller **804** gekoppelt ist. Die Beträge von  $TCR_n$  und  $TCR_v$ , die unter Verwendung von Gl. 4 und 5 bestimmt sind, werden dann z.B. in dem Regelkreis **114** verwendet. Die bestimm-

ten Beträge von  $TCR_n$  und  $TCR_v$  werden später verwendet, um die Temperaturen von Teilbereichen der Teststruktur zu bestimmen, z.B. um die Temperaturen an dem beanspruchten Via **810a** und der Beanspruchungsleitung **806** später in Elektromigrations-tests zu bestimmen.

**[0109]** Wieder kann in einigen Ausführungsbeispielen nur ein TCR-Bestimmer (z.B. eine Viakette **856/857/858**, ein beanspruchtes Via **810a** oder eine schmale Leitung **808a**) in der TCR-Bestimmungs-Teststruktur beinhaltet sein. Ein Testverfahren, das eine solche Teststruktur verwendet, umfasst vorzugsweise zunächst ein Bereitstellen der einen TCR-Bestimmer beinhaltenden Teststruktur, zumindest einer breiten Leitbahn **808b** in der Nähe des TCR-Bestimmers und einen Temperatureinsteller **804** in der Nähe zumindest der zumindest einen breiten Leitbahn **808b**. Die Teststruktur umfasst eine erste Temperatur  $T_0$ . Das Testverfahren kann ein Messen eines ersten Widerstandes der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** bei der ersten Temperatur  $T_0$ , ein Messen eines zweiten Widerstandes des TCR-Bestimmers bei der ersten Temperatur  $T_0$ , ein Ändern der ersten Temperatur  $T_0$  von zumindest der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** unter Verwendung des Temperatureinstellers **804** (oder einer waferexternen Wärmequelle) der Teststruktur auf eine unbekannte zweite Temperatur  $T_w$ , ein Messen eines dritten Widerstandes der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** bei der zweiten Temperatur  $T_w$  beinhalten. Die zweite Temperatur  $T_w$  der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** wird unter Verwendung des gemessenen dritten Widerstands der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** bei der zweiten Temperatur  $T_w$ , eines angenommenen ersten Betrags von  $TCR_w$  für die zumindest eine breite Leitbahn **808b**, dem gemessenen ersten Widerstand der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** bei der ersten Temperatur  $T_0$  und der ersten Temperatur  $T_0$  z.B. unter Verwendung von Gl. 3 bestimmt. Eine dritte Temperatur  $T_{td}$  des TCR-Bestimmers wird dann als im Wesentlichen gleich mit der zweiten Temperatur  $T_w$  der zumindest einen breiten Leitbahn **808b** angenommen, wie voranstehend hierin beschrieben ist. Gl. 6 (welche die gleiche ist wie die voranstehende Gl. 4 und 5 mit verschiedenen Variablen) kann verwendet werden, um z.B. den  $TCR_{td}$  des TCR-Bestimmers in diesen Ausführungsbeispielen zu bestimmen:

$$TCR_{td} = (R_{td}(T_{td}) - R_{td}(T_0)) / (R_{td}(T_0) * (T_{td} - T_0));$$

Gl. 6:

wobei  $R_{td}(T_0)$  den gemessenen ersten Widerstand des TCR-Bestimmers bei der ersten Temperatur  $T_0$  umfasst, und  $R_{td}(T_{td})$  einen gemessenen zweiten Widerstand des TCR-Bestimmers bei der dritten Temperatur  $T_{td}$  umfasst. Eine Vielzahl von TCR-Bestimmern kann in der Teststruktur in der Nähe der zumin-

dest einen breiten Leitbahn **808b** beinhaltet sein und kann verwendet werden, um z.B. den TCR von verschiedenen leitenden Teilbereichen einer Halbleiteranordnung zu bestimmen, wie z.B. Leitbahnen und Vias.

**[0110]** Temperaturunabhängige Elektronenstreuungseffekte können in kleinen Merkmalen, wie z.B. in der schmalen Leitung **808a** ebenso wie in der Viakette **856/857/858** vorhanden sein, wodurch der spezifische Widerstand erhöht wird und folglich der  $TCR_n$  und  $TCR_v$  der schmalen Leitung **808a** bzw. der Viakette **856/857/858** im Vergleich zu  $TCR_w$  verringert wird. Ebenso kann die Liniendicke (z.B. Liner, die zum Ausbilden der leitenden Materialien in den leitenden Materialschichten **M0 V0**, **M1**, **V1**, **M2**, **V2** und **M3** verwendet werden können) einen Effekt haben, in erster Linie auf den  $TCR_v$  der Vias **810a** und **857**. Diese kleinen Größen- und Linereffekte auf den TCR werden schön in den  $TCR_n$ - und  $TCR_v$ -Ergebnissen von Gl. 4 und Gl. 5 wiedergegeben, indem die TCR-Bestimmungs-Teststruktur von Ausführungsbeispielen der Erfindung verwendet wird. Vorteilhafterweise beeinflussen die typischen kleinen Abweichungen des tatsächlichen  $TCR_w$  von den angenommenen Werten von TCR nicht die Temperaturhomogenität (oder beabsichtigte Verschiedenheit) für das beanspruchte Via **810a** und die Beanspruchungsleitung **806**, weil  $TCR_n$  und  $TCR_v$  die gleichen kleinen Fehler wie  $TCR_w$  aufweisen werden.

**[0111]** Der Temperatureinsteller **804** kann verwendet werden, um die Temperatur der leitenden Materialien und Teilbereiche der Teststruktur **800** oberhalb des Temperatureinstellers **804** zu verändern oder alternativ kann ein zu dem Wafer externes Erhitzen angewandt werden. Ein Wafer/Halbleiterplättchenexterner Heizer kann in einigen Ausführungsbeispielen für ein schnelles Erhitzen verwendet werden, wobei die resultierenden Temperaturen  $T_w$ ,  $T_n$ ,  $T_v$  und  $T_{td}$  nicht bekannt sind, wie z.B. bei der Verwendung des Temperatureinstellers **804**. In Übereinstimmung mit Gl. 4 und Gl. 5 können die TCRs der schmalen Leitung **808a** und des Vias **810a** oder **857** bei zwei Temperaturen bestimmt werden, indem die Spannung über die schmale Leitung **808a** und über die Viakette **856/857/858** oder das beanspruchte Via **810a** gemessen wird, z.B. indem ein Messstrom an beiden Enden der schmalen Leitung **808a** und der Viakette **856/857/858** oder des beanspruchten Vias **810a** angelegt wird. Der Widerstand der schmalen Leitungen **808a** und der Viakette **856/857/858** oder des beanspruchten Vias **810a** kann unter Verwendung des Ohm'schen Gesetzes bestimmt werden, z.B. unter Verwendung der gemessenen Beträge von Spannung und Strom über und durch die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** oder das beanspruchte Via **810a**. Beispielsweise erhöht sich der Widerstand einer Leitbahn wie sich die Temperatur er-

hört, und der Widerstand verringert sich wie die Temperatur sich verringert.

**[0112]** Nachdem  $TCR_n$  und  $TCR_v$  bestimmt sind, können die Temperaturen für die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** oder das beanspruchte Via **810a** unter Anwendung von Gl. 3 entsprechend berechnet werden.

**[0113]** Ein weiterer Vorteil der TCR-Bestimmungs-Teststruktur von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist, dass unübliche TCR-Ergebnisse für die schmale Leitung **808a**, die Vias **857**, das beanspruchte Via **810a** oder die Beanspruchungsleitung **806** Information über die Qualität der Prozessierungstechniken geben können, die zum Ausbilden der schmalen Leitung **808a**, der Vias **857**, des beanspruchten Vias **810a** oder der Beanspruchungsleitung **806** verwendet werden und z.B. als ein grober Qualitätscheck für Via oder schmale Metallleitungen während einer In-Line-Wafer-Überwachung verwendet werden können. Die TCR-Messungen der schmalen Leitung **808a**, der Vias **810a** oder **857** und/oder der Beanspruchungsleitung **806** können z.B. ein Indikator für Elektromigrations- oder Beanspruchungshohlstellen (voiding)-Leistungsfähigkeit sein.

**[0114]** Der TCR von schmalen Leitungen, Vias und Kontakten kann von Wafer zu Wafer und ebenso innerhalb eines einzelnen Wafers variieren. Die neuen TCR-Bestimmungs-Teststrukturen von Ausführungsbeispielen der Erfindung können in jeder Metall- und Viaschicht ausgebildet werden, so dass TCR-Messungen in Verbindung mit Elektromigrations-Teststrukturen, wie sie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen der Erfindung beschrieben wurden, in jeder Metall- und Via-Schicht durchgeführt werden können oder die neuen TCR-Bestimmungs-Teststrukturen können mit anderen Arten von Elektromigrationsstrukturen verwendet werden. Alternativ können die neuen TCR-Bestimmungs-Teststrukturen z.B. als allein stehende TCR-Bestimmungs-Teststrukturen verwendet werden.

**[0115]** Die Länge der breiten Leitung **808b** ist vorzugsweise ausreichend, um den TCR-Effekt in der Teststruktur **800** genau zu messen. Beispielsweise hat die breite Leitung **808b** in einigen Anwendungen vorzugsweise einen Widerstand von größer als ungefähr 2 Ohm, und umfasst demnach vorzugsweise eine Länge von ungefähr 20  $\mu\text{m}$  oder mehr. Die Längen der schmalen Leitung **808a** und der Viakette **856/857/858** können z.B. aufgrund eines höheren Widerstands pro Länge der schmalen Leitung **808a** und der Viakette **856/857/858** kürzer sein. Nachdem die TCR-Referenzmessungen beendet sind, kann die breite Leitung **808b** ebenso als eine Zuleitung **808b** wirken, die, wie in **Fig. 17** gezeigt, an die Zuleitung **808** durch Vias **810b** in der V1-Schicht gekoppelt ist.

**[0116]** Man beachte, dass **Fig. 17** nicht die komplette Länge der breiten Leitung **808b** zeigt; es ist nur ein Teilbereich der breiten Leitung **808b** gezeigt. Die kompletten Längen der schmalen Leitung **808a** und der Viakette **856/857/858** sind ebenfalls nicht gezeigt. Auch werden Abfrage- und Versorgungsstromleitungen, welche in **Fig. 17** ebenfalls nicht gezeigt sind, benötigt und sind vorzugsweise in der Teststruktur beinhaltet, wie in den **Fig. 11** bis **Fig. 16** für eine genaue Vierpunktmessung gezeigt und mit Bezug auf diese beschrieben ist.

**[0117]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der TCR des beanspruchten Vias **810a** direkt unter Verwendung der Teststruktur **800** bestimmt werden, wenn ein ausreichend breiter und langer Bereich unterhalb des beanspruchten Vias **810a** und der breiten Leitung **808b** homogen erhitzt wird, so dass das beanspruchte Via **810a** und die breite Leitung **808b** identische Temperaturen haben. Das beanspruchte Via **810a** umfasst in diesem Ausführungsbeispiel den TCR-Bestimmer. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Temperatureinsteller **804** z.B. vorzugsweise größer als in **Fig. 17** gezeigt.

**[0118]** In noch einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Teststruktur **800** so entwickelt sein, dass z.B. die breite Leitung **808b**, die schmale Leitung **808a** und die Viakette **856/857/858** angrenzend an und parallel zu der (hierin nicht gezeigten) Beanspruchungsleitung **806** angeordnet sind. Ebenso können, in den Zeichnungen nicht gezeigte, optionale Dummy-Leitungen (wie sie für Lithografie zwecke benötigt werden können) zwischen der breiten Leitung **808b**, der Beanspruchungsleitung **806** und der Viakette **856/857/858** verschachtelt sein. Diese Dummy-Leitungen können ebenso z.B. für eine Fließpressüberwachung und/oder Temperaturgleichmäßigkeitsverbesserung verwendet werden.

**[0119]** Man beachte, dass in einigen Ausführungsbeispielen eine TCR-Bestimmungs-Teststruktur zumindest eine breite Leitung **808b** und entweder die Viakette **856/857/858** oder die schmale Leitung **808a**, aber nicht Beides, beinhalten kann. Dennoch beinhaltet in anderen Ausführungsbeispielen eine TCR-Bestimmungs-Teststruktur vorzugsweise die breite Leitung **808b** und sowohl die Viakette **856/857/858** als auch die schmale Leitung **808a**, wie in **Fig. 17** gezeigt. In einigen Ausführungsbeispielen kann eine TCR-Bestimmungs-Teststruktur zwei, in den Zeichnungen nicht gezeigte, breite Leitungen **808b** umfassen, z.B. mit einer breiten Leitung **808b**, die auf beiden Seiten einer Viakette **856/857/858**, einer schmalen Leitung **808a**, einer Zuleitung **808** oder Beanspruchungsleitung **806** angeordnet ist.

**[0120]** Die in **Fig. 17** gezeigte schmale Leitung **808a** kann z.B. durch eine weitere breite Leitung, die die gleiche Größe und Form wie die gezeigte breite Lei-

tung **808b** umfasst, ersetzt werden. Oder eine breite Leitung kann als ein weiteres Beispiel auf einer Seite der schmalen Leitung **808a** angeordnet werden, die der Seite der schmalen Leitung **808a**, auf der die Viakette **856/857/868** angeordnet ist, gegenüberliegt. Oder als noch ein weiteres Beispiel kann die Viakette **856/857/858** weggelassen werden und durch eine schmale Leitung in der in **Fig. 17** gezeigten Position, wo die Viakette **856/857/858** gezeigt ist, ersetzt werden und eine optionale breite Leitung kann auf einer Seite der schmalen Leitung angeordnet werden, die der Seite, auf der die andere breite Leitung **808b** angeordnet ist, gegenüberliegt.

**[0121]** Die Kombination von TCR-Bestimmungs-Teststrukturen und Elektromigrationsstrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist vorteilhaft, weil z.B. die Anzahl von Anschluss pads minimiert werden kann, weil viele Anschlussflächen der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** für mehrere Zwecke in den hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen verwendet werden können. Die verschiedenen Merkmale und Teilbereiche der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** können ebenso z.B. in anderen Materialschichten, z.B. Schichten **M0, V0, M1, V1, M2, V2** und **M3**, als in den hierin beschriebenen Materialschichten ausgebildet werden.

**[0122]** **Fig. 18** zeigt eine Draufsicht eines Halbleiterwafers **901**, die darstellt, dass die neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung in einem Bruchlinien (Scribe-line)-Gebiet **960**, einem unvollständig ausgebildeten Halbleiterplättchen-Gebiet **962**, einem Halbleiterplättchen-Gebiet **964** eines Halbleiterwafers **901** oder mehreren Gebieten oder Kombinationen davon ausgebildet sein können. Die neuen, hierin beschriebenen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** können in Bruchlinien-Gebieten **960** zwischen individuellen Halbleiterplättchen **964** angeordnet sein, wobei das Halbleiterplättchen **964** z.B. funktionelle oder Test-Halbleiteranordnungen umfassen kann. In diesem Ausführungsbeispiel umfassen die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** Opferstrukturen, die nach dem Vereinzeln des Halbleiterplättchens **964** des Halbleiterwafers **901** teilweise zerstört sind und/oder weggeworfen werden. In anderen Ausführungsbeispielen können die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** z.B. in den ungebrauchten oder unvollständig ausgebildeten oder nicht die vollständige Größe habenden Halbleiterplättchengebieten **962** des Halbleiterwafers **901** ausgebildet sein, und die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** können weggeworfen werden, nachdem die Elektromigrationstests durchgeführt sind und das Halbleiterplättchen **964** des Halbleiterwafers **901** vereinzelt ist. In ande-

ren Ausführungsbeispielen können die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** z.B. in vorbestimmten, dedizierten Gebieten des Halbleiterplättchens **964** ausgebildet sein, und das Halbleiterplättchen **964**, das die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** umfasst, kann oder kann nicht nach der Vereinzelnung des Halbleiterplättchens **864** weggeworfen werden. Die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** können ebenfalls z.B. in einem ungenutzten Gebiet eines Halbleiterplättchens **964**, einem Testgebiet eines Halbleiterplättchens **964**, mehreren Gebieten oder Kombinationen davon mit den hierin beschriebenen anderen Gebieten **960, 962** oder **964** ausgebildet werden.

**[0123]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beinhalten ebenfalls Halbleiterwafer **901** und Halbleiteranordnungen, die z.B. die neuen hierin beschriebenen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** beinhalten. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beinhalten ebenfalls Verfahren zur Prozessierung und zum Testen von Halbleiteranordnungen unter Verwendung der hierin beschriebenen neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** und Verfahren. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beinhalten ebenso Verfahren zur Herstellung von Halbleiteranordnungen, die die hierin beschriebenen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** beinhalten.

**[0124]** Vorteile von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung beinhalten ein Bereitstellen neuer Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** zum Durchführen von Elektromigrationstests auf Halbleiteranordnungen. Die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** haben eine verbesserte Temperaturgleichmäßigkeit und -homogenität über ihre Länge. Elektromigrationstests können unter Verwendung der hierin beschriebenen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** schnell und genau durchgeführt werden.

**[0125]** Temperatur und Elektromigrationstests, die die neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung verwenden, können während der Technologieentwicklungsphase von Halbleiteranordnungen durchgeführt werden, z.B. um die Elektromigration in leitenden Materialschichten von Halbleiteranordnungen zu testen und zu verbessern. Die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** können ebenso für Technologiequalifikationstests verwendet werden. Alternativ können die Elektromigrationstests gelegentlich oder regelmäßig während der Produktion (z.B. für die Produktionszuverlässigkeitsüberwachung) beispielsweise nach einer vorherbestimmten Anzahl von Losen oder Wafern oder bei jedem Los oder Wafer durchgeführt werden.

Die Tests können z.B. Tests auf Waferebene oder Gehäuseebene umfassen.

**[0126]** Vorteile von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung beinhalten ein Bereitstellen von Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** und Verfahren zum schnellen und genauen Messen der Effekte von Elektromigration auf Halbleiteranordnungen. Beispielsweise ermöglichen die Elektromigrationstests unter Verwendung der neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** dem Benutzer die Tests zu beschleunigen, weil die neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** Temperaturhomogenität bis zu höheren Strömen sicherstellen als herkömmliche Teststrukturen. Genaue Tests auf Waferebene können in wenigen Sekunden oder Minuten oder weniger durchgeführt werden, z.B. in ungefähr **100** bis 1000 Sekunden oder weniger, wodurch der Durchsatz erhöht wird und Kosteneinsparungen bereitgestellt werden. Ebenso können Tests auf Gehäuseebene unter Verwendung der neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** von Tagen auf zweckmäßige Testzeiten von oder unter einem Tag beschleunigt werden. Die Tests können unter Verwendung einer hohen Beanspruchung, z.B. einer hohen Beanspruchungsleitungstemperatur und einem hohen Strom durchgeführt werden. Die Temperaturen der Beanspruchungsleitung und des beanspruchten Vias können einschließlich Stromwärme Temperaturen von z.B. ungefähr 350°C für leitende Aluminiumstrukturen und ungefähr 600°C für leitende Kupferstrukturen erreichen. Der Betrag von Strom **119, 219, 319, 419, 519, 619, 719** oder **819**, der in den Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** verwendet wird, ist z.B. eine Funktion der Breite und Dicken der Teilbereiche der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800**. Stromdichten in der Größenordnung von schätzungsweise ungefähr mehreren zehn A/cm<sup>2</sup> können verwendet werden, obwohl kleinere Stromdichten ebenso verwendet werden können. Die verwendete Stromdichte kann z.B. abhängig von der Umgebungstemperatur, bei der die Tests durchgeführt werden, variieren. Es können bis auf wenige Minuten reduzierte Testzeiten erreicht werden, obwohl kleinere oder höhere Testzeiten ebenso verwendet werden können. Die Testergebnisse sind aufgrund der einheitlichen Temperaturprofile entlang der beanspruchten Vias und der Beanspruchungsleitungen in den hierin beschriebenen neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** auch zuverlässiger.

**[0127]** Man beachte, dass, in den Figuren nicht gezeigte, Dummy-Leitbahnen in den Strukturen beinhaltet sein können, wobei die Dummy-Leitbahnen in der Nähe der Zuleitungen, der breiten Leitungen, der Beanspruchungsleitungen, der Viaketten und/oder der Abfrageleitungen angeordnet sind. Die Dummy-Leitbahnen werden z.B. für Lithografie-zwecke und/

oder Wärmeableitung verwendet und können elektrisch inaktiv sein. Die Dummy-Leitbahnen können ebenso für eine Fließpressüberwachung verwendet werden, wobei ein Widerstand zwischen den Dummy-Leitbahnen und der Beanspruchungsleitung gemessen wird, um z.B. Kurzschlüsse zu entdecken, was eine andere Art von E-LEKTROMIGRATIONEFFEKTTES-ten und -messung umfasst. Alternativ können die verschiedenen hierin beschriebenen Abfrageleitungen auch aktive Leitbahnen umfassen, die z.B. geformt und positioniert sein können, um die Wärmeableitung zu verbessern.

**[0128]** Die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** haben ein einheitliches Temperaturprofil an dem beanspruchten Via und entlang der Länge der Beanspruchungsleitungen, wodurch heiße oder kalte Stellen (hot or cold spots) an den Viaseiten vermieden werden. Das Temperaturprofil entlang der Länge der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** kann unter Verwendung der hierin beschriebenen Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** aktiv eingestellt werden.

**[0129]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können z.B. in vielen Arten von Teststrukturkonfigurationen unter Verwendung von Upstream- und Downstream-Stromfluss durch beanspruchte Vias implementiert werden. Optionale Wärmekollektoren und verbreiterte Gebiete von Zuleitungen und Abfrageleitungen können in den Teststrukturen implementiert werden, um thermische Ableitung oder Sammlung bereitzustellen und die Elektromigrationstestergebnisse zu verbessern.

**[0130]** Beschleunigte Elektromigrationstests können unter Verwendung der neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** durchgeführt werden, indem die Temperatur der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** unter Verwendung der neuen hierin beschriebenen Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** erhöht oder verringert wird. Elektromigrationstests können unter Verwendung der neuen Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden, wobei absichtlich verursacht wird, dass die Temperatur der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** anfänglich angehoben oder verringert ist. Die Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** umfassen z.B. Ausgleichsheizer und/oder Ausgleichskühler für die Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800**.

**[0131]** Vorteilhafterweise kann die Temperatur der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** und/oder der Beanspruchungs-

leitungen **106, 206, 306, 406, 506, 606, 706** und **806** der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** durch Verwendung der hierin beschriebenen Abfrageleitungen bestimmt werden. In einigen Tests kann es beispielsweise das Ziel sein, die gleiche Temperatur oder eine vorbestimmte Temperaturdifferenz in den beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** und den Beanspruchungsleitungen **106, 206, 306, 406, 506, 606, 706** und **806** der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** zu erzielen. Folglich kann die Temperatur der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** und der Beanspruchungsleitungen **106, 206, 306, 406, 506, 606, 706** und **806** unter Verwendung der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** erzielt werden, und die zwei Temperaturen können verglichen werden, und das Testen kann modifiziert werden z.B. indem der Strom oder die Testzeiten entsprechend erhöht oder verringert werden. Alternativ kann z.B. die Temperatur nur von den beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** oder nur von den Beanspruchungsleitungen **106, 206, 306, 406, 506, 606, 706** und **806** der neuen Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** gemessen werden.

**[0132]** Darüber hinaus können die neuen Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** verwendet werden, um das Temperaturprofil der Teststrukturen **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** für eine breite Vielzahl von Prozessvariationen zu regeln oder auszugleichen, ohne elektro-thermische Simulationen für den Entwurf der Teststruktur **100, 200, 300, 400, 500, 600, 700** und **800** zu erfordern. Beispielsweise können Prozessvariationen von Wafer zu Wafer oder Variationen innerhalb eines Wafers, wie z.B. Variationen der Dielektrikumsdicke oder -zusammensetzung, Variationen des Metall-Flächenwiderstands aufgrund der Dicke, der Textur oder der Zusammensetzung und Variationen des Widerstand der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a** und **810a** durch Variieren des Betrags von Strom **119, 219, 319, 419, 519, 619, 719** und **819** und/oder des Betrags von Strom durch den Temperatureinsteller **104, 204, 304, 404, 504, 604, 704** und **804** kompensiert werden.

### Patentansprüche

1. Teststruktur (100) zur Messung von Elektromigration mit:  
 einem Werkstück (102);  
 einem Temperatureinsteller (104), der in einer über dem Werkstück (102) ausgebildeten ersten Materialschicht (M0) angeordnet ist;  
 einer Beanspruchungsleitung (106), die in einer über dem Temperatureinsteller (104) ausgebildeten zweiten Materialschicht (M1) angeordnet ist;

einer Zuleitung (108), die in einer über dem Temperatureinsteller (104) ausgebildeten dritten Materialschicht (M2) ausgebildet ist;  
 einem leitenden Merkmal (110), das zwischen der Beanspruchungsleitung (106) und der Zuleitung (108) in einer vierten Materialschicht (V1) angeordnet ist; und  
 zumindest einer Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d), die an den Temperatureinsteller (104) und das leitende Merkmal (110) gekoppelt ist, um eine Temperatur zumindest des leitenden Merkmals (110) zu überwachen und zu regeln.

2. Teststruktur nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Materialschicht für die Zuleitung (108) gleich der zweiten Materialschicht für die Beanspruchungsleitung (106) ist.

3. Teststruktur (100) nach einem der Patentansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuleitung (108), die Beanspruchungsleitung (106), das leitende Merkmal (110) und der Temperatureinsteller (104) auf einer Halbleiteranordnung ausgebildet sind, und wobei die zumindest eine Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d) eine Hardware, die extern zu der Halbleiteranordnung und an diese gekoppelt ist, oder eine Hardware, die auf der Halbleiteranordnung angeordnet ist, umfasst.

4. Teststruktur (100) nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d) einen Regler (114a) umfasst, der einen Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wobei der Eingang des Reglers (114a) an ein Signal gekoppelt ist, das einen Fehler zwischen einem bestimmten Temperaturdifferenzwert und einem Offset zwischen einer Temperatur des leitenden Merkmals (110) und einer Temperatur der Beanspruchungsleitung (106) anzeigt, und wobei der Ausgang des Reglers (114a) an den Temperatureinsteller (104) gekoppelt ist.

5. Teststruktur (100) nach Patentanspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d) weiterhin einen ersten Temperatur-Bestimmer (114b), einen zweiten Temperatur-Bestimmer (114c) und einen Signalsummierer (114d) umfasst, wobei der erste Temperatur-Bestimmer (114b) einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wobei der zweite Temperatur-Bestimmer (114c) einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wobei der erste Eingang des ersten Temperatur-Bestimmers (114b) an eine erste Seite (116a) des leitenden Merkmals (110) gekoppelt ist, wobei der zweite Eingang des ersten Temperatur-Bestimmers (114b) an eine zweite Seite (116b) des leitenden Merkmals (110) gekoppelt ist, wobei der Ausgang des ersten Temperatur-Bestimmers (114b) ein erstes Signal (T1) um-

fasst, das die Temperatur des leitenden Merkmals (110) angibt, wobei der erste Eingang des zweiten Temperatur-Bestimmers (114c) an eine erste Seite (116b) der Beanspruchungsleitung (106) gekoppelt ist, wobei der zweite Eingang des zweiten Temperatur-Bestimmers (114c) an eine zweite Seite (116c) der Beanspruchungsleitung (106) gekoppelt ist, wobei der Ausgang des zweiten Temperatur-Bestimmers (114c) ein zweites Signal (T2) umfasst, das die Temperatur der Beanspruchungsleitung (106) angibt, wobei der Ausgang des ersten Temperatur-Bestimmers (114b), der Ausgang des zweiten Temperatur-Bestimmers (114c) und ein Offset-Sollsignal ( $\Delta T_{SET}$ ) an eine Vielzahl von Eingängen des Signalsummierers (114d) gekoppelt sind, und wobei ein Ausgang des Signalsummierers (114d) an den Eingang des Reglers (114a) gekoppelt ist.

6. Halbleiteranordnung mit einer Teststruktur (100) zur Messung von Elektromigration nach einem der Patentansprüche 1 bis 5, wobei die Beanspruchungsleitung (106) ein Mittel zum Messen von Elektromigration ist; die Zuleitung (108) ein Mittel (108) zum Liefern eines Stroms für das Mittel (106) zum Messen von Elektromigration ist; das leitenden Merkmal (110) ein Via ist, das zwischen dem Mittel (108) zum Liefern des Stroms und dem Mittel (106) zum Messen von Elektromigration angeordnet ist; der Temperatureinsteller ein Mittel (104) zum Ändern einer Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal (110) ist; und die zumindest eine Rückmeldungsanordnung (114) ein Rückmeldungsmitglied (114a, 114b, 114c, 114d) zum Rückmelden der Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal (110) ist, das an das Mittel (104) zum Ändern der Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal (110) gekoppelt ist.

7. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 6, weiterhin mit: einem Mittel zum Aufnehmen von Wärme (110b, 130, 128, 104), wobei das Mittel zum Aufnehmen von Wärme (110b, 130, 128, 104) in der Nähe ist von, gekoppelt ist an, oder einen Teil des Mittels zur Messung von Elektromigration (106), des Mittels zum Liefern des Stroms (108) oder des leitenden Merkmals (110) umfasst.

8. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 6 oder 7, wobei die Teststruktur (100) in einem dedizierten Gebiet eines Halbleiterplättchens, einem ungebrauchten Gebiet eines Halbleiterplättchens, einem Testgebiet eines Halbleiterplättchens, einem Bruchlinien-Gebiet der Halbleiteranordnung, einem unvollständig ausgebildeten Halbleiterplättchengebiet der Halbleiteranordnung oder mehreren Gebieten oder Kombinationen davon ausgebildet ist.

9. Halbleiteranordnung zur Messung von Elektromigration mit: einem Werkstück (102); einem Temperatureinsteller (104), der in einer über dem Werkstück (102) ausgebildeten Materialschicht (M0) angeordnet ist; einer ersten Leitbahn (108; 208), die über dem Werkstück angeordnet ist; einer zweiten Leitbahn (106; 206), die über dem Werkstück angeordnet ist; einem leitenden Merkmal (110; 210), das zwischen der ersten Leitbahn (108; 208) und der zweiten Leitbahn (106; 206) angeordnet und an diese gekoppelt ist; wobei die Temperatur und/oder Elektromigration in der zweiten Leitbahn (106; 206) oder an dem leitenden Merkmal (110; 210) messbar ist, wenn ein Strom durch die erste Leitbahn (108; 208), das leitende Merkmal (110; 210) und die zweite Leitbahn (106; 206) hindurch geführt wird; und zumindest einer Rückmeldungsanordnung (114b), die an den Temperatureinsteller (104; 204) und zumindest das leitende Merkmal (110; 210) gekoppelt ist, um eine Temperatur zumindest des leitenden Merkmals (110) zu überwachen und zu regeln.

10. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Leitbahn (206) ein erstes Ende und ein zweites Ende umfasst, wobei das leitende Merkmal (210) ein erstes Ende und ein zweites Ende umfasst, wobei das erste Ende der zweiten Leitbahn (206) an das erste Ende des leitenden Merkmals (210) gekoppelt ist, und mit einer ersten Abfrageleitung (S+), die an das zweite Ende der zweiten Leitbahn (206) gekoppelt ist, und einer zweiten Abfrageleitung (244), die an das erste Ende der zweiten Leitbahn (206) gekoppelt ist, wobei die Temperatur und/oder Elektromigration in der zweiten Leitbahn (206) unter Verwendung der ersten Abfrageleitung (S+) und der zweiten Abfrageleitung (244) messbar ist.

11. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 10, **gekennzeichnet durch**: eine dritte Abfrageleitung (242), die an das zweite Ende des leitenden Merkmals (210) gekoppelt ist, wobei die Temperatur und/oder Elektromigration des leitenden Merkmals (210) unter Verwendung der zweiten Abfrageleitung (244) und der dritten Abfrageleitung (242) messbar ist.

12. Halbleiteranordnung nach einem der Patentansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Temperatureinsteller (104; 204) parallel oder senkrecht zu der ersten Leitbahn (108; 208), der zweiten Leitbahn (106; 206) und dem leitenden Merkmal (110; 210) angeordnet ist.

13. Halbleiteranordnung nach einem der Patentansprüche 9 bis 12, **gekennzeichnet durch**:

eine thermischen Widerstandskoeffizienten (TCR)-Bestimmungsteststruktur (808a, 808b, 856, 857, 858) in der Nähe der ersten Leitbahn (808), der zweiten Leitbahn (806), des leitenden Merkmals (810) und/oder des Temperatureinstellers (804).

14. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die TCR-Bestimmungsteststruktur (808a, 808b, 810a, 856, 857, 858) zumindest eine breite Leitbahn (808b) und einen TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) in der Nähe der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) umfasst, wobei die zumindest eine breite Leitbahn (808b) eine erste Breite umfasst, wobei die erste Breite größer ist als oder gleich ist einer zweiten Breite eines Teilbereichs des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858), und wobei eine Temperatur und ein Betrag des TCR des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) aus einer bestimmbaren Temperatur der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bestimmbar ist.

15. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der TCR-Bestimmer (808a, 856, 857, 858, 810a) eine Viakette (856, 857, 858), das leitende Merkmal (810a) und/oder eine schmale Leitbahn (808a) umfasst, wobei die schmale Leitbahn (808a) die zweite Breite umfasst, und/oder ein Einzelvia (810a) umfasst.

16. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung zur Messung von Elektromigration nach einem der Patentansprüche 6 bis 8 mit den Schritten:  
Bereitstellen des Werkstücks (102);  
Ausbilden der Zuleitung (108) über dem Werkstück (102);  
Ausbilden der Beanspruchungsleitung (106) über dem Werkstück (102);  
Ausbilden des leitenden Merkmals (110) zwischen der Zuleitung (108) und der Beanspruchungsleitung (106);  
Anordnen des Temperatureinstellers (104) über dem Werkstück; und  
Koppeln der zumindest einen Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d) an den Temperatureinsteller (104) und zumindest das leitende Merkmal (110).

17. Verfahren nach Patentanspruch 16 mit dem weiteren Schritt:  
Koppeln des Temperatureinstellers (104) an das leitende Merkmal (110).

18. Verfahren nach Patentanspruch 16 oder 17 mit den weiteren Schritten:  
Koppeln einer Stromversorgungsleitung an die Zuleitung (108) und  
Koppeln einer Stromrückführungsleitung an die Beanspruchungsleitung (106).

19. Verfahren nach einem der Patentansprüche 16 bis 18, wobei das Anordnen des Temperatureinstellers (104) ein Ausbilden eines Heizers, eines Peltier-Elements und/oder einer thermoelektrischen Anordnung umfasst.

20. Verfahren nach einem der Patentansprüche 16 bis 19, wobei das Anordnen des Temperatureinstellers (104) ein Ausbilden eines Halbleitermaterials oder eines Refraktärmetalls umfasst.

21. Verfahren zur Prozessierung einer Halbleiteranordnung mit den Schritten:  
Bereitstellen eines Werkstücks (102), wobei das Werkstück eine Teststruktur (100) zur Messung von Elektromigration beinhaltet, die eine Zuleitung (108), eine Beanspruchungsleitung (106), ein zwischen der Zuleitung (108) und der Beanspruchungsleitung (106) angeordnetes leitendes Merkmal (110), einen Temperatureinsteller (104) in einer Materialschicht der Halbleiteranordnung und zumindest eine Rückmeldungsanordnung (114a, 114b, 114c, 114d) umfasst, die an den Temperatureinsteller (104) und zumindest das leitende Merkmal (110) gekoppelt ist, um eine Temperatur zumindest des leitenden Merkmals (110) zu überwachen und zu regeln;  
Hindurchleiten eines Stroms durch die Teststruktur (100); und  
Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags eines Teilbereichs der Teststruktur (100).

22. Verfahren nach Patentanspruch 21, wobei das Hindurchleiten des Stroms durch die Teststruktur (100) ein Hindurchleiten eines Stroms Upstream von einer unteren Metallisierungsschicht zu einer oberen Metallisierungsschicht durch die Teststruktur (100) hindurch, oder ein Hindurchleiten eines Stroms Downstream von einer oberen Metallisierungsschicht zu einer unteren Metallisierungsschicht durch die Teststruktur (100) umfasst.

23. Verfahren nach Patentanspruch 21 oder 22, wobei das Messen des Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags des Teilbereichs der Teststruktur (100) ein Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags innerhalb der Beanspruchungsleitung (106) und/oder ein Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags des leitenden Merkmals (110) umfasst, das zwischen der Zuleitung (108) und der Beanspruchungsleitung (106) angeordnet ist.

24. Verfahren nach einem der Patentansprüche 21 bis 23 mit dem weiteren Schritt:  
Ändern einer Temperatur von zumindest einem Teilbereich des leitenden Merkmals (110) unter Verwendung des Temperatureinstellers (104) bevor oder während des Messens des Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags.



25. Verfahren nach Patentanspruch 24, wobei das Ändern der Temperatur von zumindest dem Teilbereich des leitenden Merkmals (110) ein Erhitzen, Kühlen oder abwechselnd sowohl Erhitzen als auch Kühlen zumindest des Teils des leitenden Merkmals (110) umfasst.

26. Verfahren nach einem der Patentansprüche 21 bis 25, wobei das Bereitstellen des Werkstücks (102) ein Herstellen eines Halbleiterwafers umfasst.

27. Teststruktur (800) mit:  
zumindest einem thermischen Widerstandskoeffizienten-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858);  
zumindest einer breiten Leitbahn (808b) in der Nähe des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858), wobei die zumindest eine breite Leitbahn (808b) eine erste Breite umfasst, wobei die erste Breite größer als oder im Wesentlichen gleich einer zweiten Breite eines Teilbereichs des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a) ist, wobei eine Temperatur und ein Betrag von TCR des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) aus einer bestimmbar Temperatur von der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bestimmbar sind;  
einem Temperatureinsteller (804), der in der Nähe der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) angeordnet ist; und einer Rückmeldungsanordnung (114), die an den Temperatureinsteller (804) gekoppelt ist, um eine Temperatur zumindest von Teilbereichen der Teststruktur zu überwachen und zu regeln, wobei der TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) eine Viakette (856, 857, 858) umfasst, wobei die Viakette (856, 857, 858) eine Vielzahl von Vias (857) umfasst, die in einer leitenden Materialschicht einer Halbleiteranordnung angeordnet sind, wobei die Viakette (856, 857, 858) eine Vielzahl von ersten Verbindungen (856) umfasst, die unterhalb der Vielzahl von Vias (857) angeordnet sind, wobei die Vielzahl von ersten Verbindungen (856) jede zweiten zwei angrenzenden Vias (857) der Vielzahl von Vias aneinanderkoppelt, wobei die Viakette (856, 857, 858) weiterhin eine Vielzahl von zweiten Verbindungen (858) umfasst, die oberhalb der Vielzahl von Vias (857) angeordnet sind, wobei die Vielzahl von zweiten Verbindungen (858) jede zweiten zwei angrenzenden Vias (857) der Vielzahl von Vias aneinanderkoppelt, und wobei die Vielzahl von zweiten Verbindungen (858) um eines der Vielzahl von Vias (857) von der Vielzahl von ersten Verbindungen (856) versetzt sind.

28. Teststruktur (800) nach Patentanspruch 27, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) ein zwischen einer Zuleitung (808) und einer Beanspruchungsleitung (806) angeordnetes Via (810a) umfasst, oder dass der zumindest eine TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) eine die zweite Breite umfassende schmale Leitbahn (808a) umfasst.

29. Teststruktur (800) nach Patentanspruch 27 oder 28, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine breite Leitbahn (808b) eine erste breite Leitbahn, die in der Nähe einer ersten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) angeordnet ist, und eine zweite breite Leitbahn, die in der Nähe einer zweiten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) angeordnet ist, umfasst, wobei die zweite Seite gegenüberliegend der ersten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) ist.

30. Teststruktur (800) nach einem der Patentansprüche 28 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zumindest eine breite Leitbahn (808b) eine Breite von ungefähr 2  $\mu\text{m}$  oder weniger umfasst.

31. Testverfahren mit den Schritten:  
Bereitstellen einer Teststruktur (800) mit:  
zumindest einem thermischen Widerstandskoeffizienten-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858);  
zumindest einer breiten Leitbahn (808b) in der Nähe des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858), wobei die zumindest eine breite Leitbahn (808b) eine erste Breite umfasst, wobei die erste Breite größer als oder gleich einer zweiten Breite eines Teilbereichs des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) ist, wobei eine Temperatur und ein Betrag von TCR des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) aus einer bestimmbar Temperatur von der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bestimmbar sind; und  
einem Temperatureinsteller (804) in der Nähe der zumindest einen breiten Leitbahn (808b), wobei die Teststruktur (800) eine erste Temperatur ( $T_0$ ) umfasst;  
Messen eines ersten Widerstands ( $R_w(T_0)$ ) der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bei der ersten Temperatur ( $T_0$ );  
Messen eines zweiten Widerstands ( $R_{td}(T_0)$ ) des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der ersten Temperatur ( $T_0$ );  
Ändern der ersten Temperatur ( $T_0$ ) von zumindest der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) unter Verwendung des Temperatureinstellers (804) der Teststruktur (800) oder eines wafer-externen Heizers auf eine unbekannt zweite Temperatur ( $T_w$ );  
Messen eines dritten Widerstands ( $R_w(T_w)$ ) der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bei der zweiten Temperatur ( $T_w$ ); und  
Bestimmen der zweiten Temperatur ( $T_w$ ) unter Verwendung des gemessenen dritten Widerstands ( $R_w(T_w)$ ) der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bei der zweiten Temperatur ( $T_w$ ), eines angenommenen ersten Betrag von TCR ( $TCR_w$ ) für die zumindest eine breite Leitbahn (808b), des gemessenen ersten Widerstand ( $R_w(T_0)$ ) der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) bei der ersten Temperatur ( $T_0$ ) und der ersten Temperatur ( $T_0$ ), wobei eine dritte Tempera-

tur ( $T_{td}$ ) des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) im Wesentlichen die gleiche ist wie die zweite Temperatur ( $T_w$ ) der zumindest einen breiten Leitbahn (808b).

32. Testverfahren nach Patentanspruch 31 mit den weiteren Schritten:

Messen eines vierten Widerstandes  $R_{td}(T_{td})$  des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der zweiten Temperatur ( $T_w$ ); und Bestimmen eines zweiten Betrags von TCR ( $TCR_{td}$ ) des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) aus der zweiten Temperatur ( $T_w$ ), dem gemessenen vierten Widerstand ( $R_{td}(T_{td})$ ) des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der zweiten Temperatur ( $T_w$ ), dem gemessenen zweiten Widerstand ( $R_{td}(T_0)$ ) des zumindest einen TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der ersten Temperatur ( $T_0$ ) und der ersten Temperatur ( $T_0$ ).

33. Testverfahren nach Patentanspruch 32, wobei das Bestimmen der zweiten Temperatur ( $T_w$ ) ein Verwenden von Gl. 3 umfasst:

$$T_w = (R_w(T_w) - R_w(T_0)) / (R_w(T_0) * TCR_w) + T_0;$$

Gl. 3:

wobei  $T_0$  eine erste Temperatur umfasst, wobei  $TCR_w$  den angenommenen ersten Betrag von TCR für die zumindest eine breite Leitbahn (808b) umfasst, wobei  $R_w(T_w)$  den dritten Widerstand bei der Temperatur  $T_w$  von der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) umfasst, wobei  $R_w(T_0)$  den ersten Widerstand bei der ersten Temperatur  $T_0$  der zumindest einen breiten Leitbahn (808b) umfasst und wobei  $T_w$  die zweite Temperatur umfasst; und wobei das Bestimmen des zweiten Betrags von TCR ein Verwenden von Gl. 6 umfasst:

$$TCR_{td} = (R_{td}(T_{td}) - R_{td}(T_0)) / (R_{td}(T_0) * (T_{td} - T_0));$$

Gl. 6:

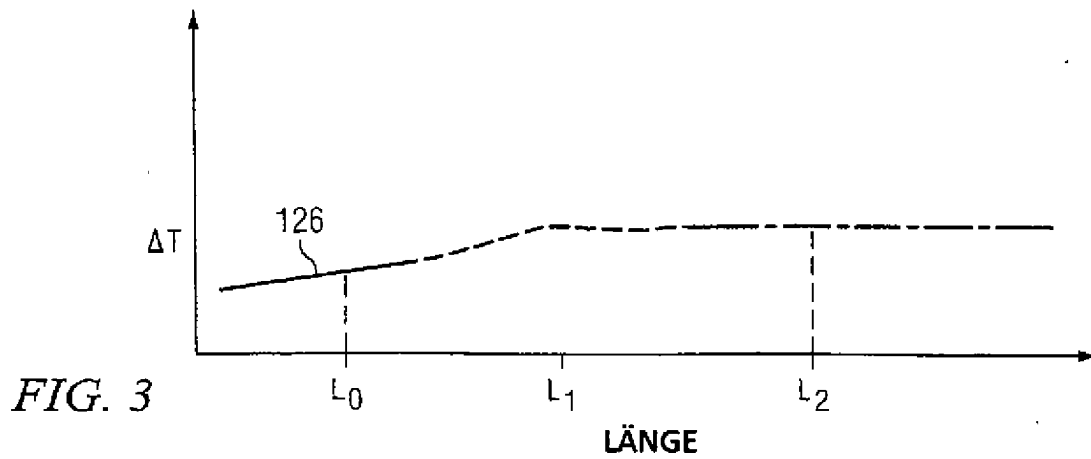
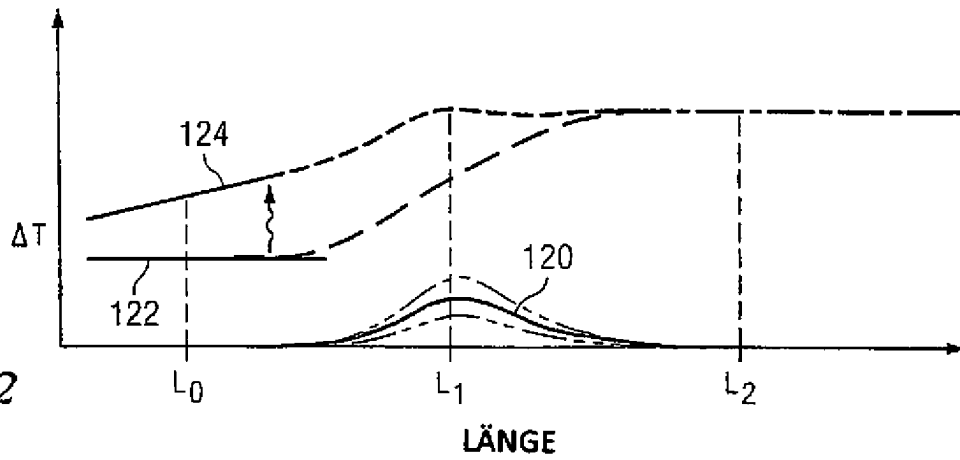
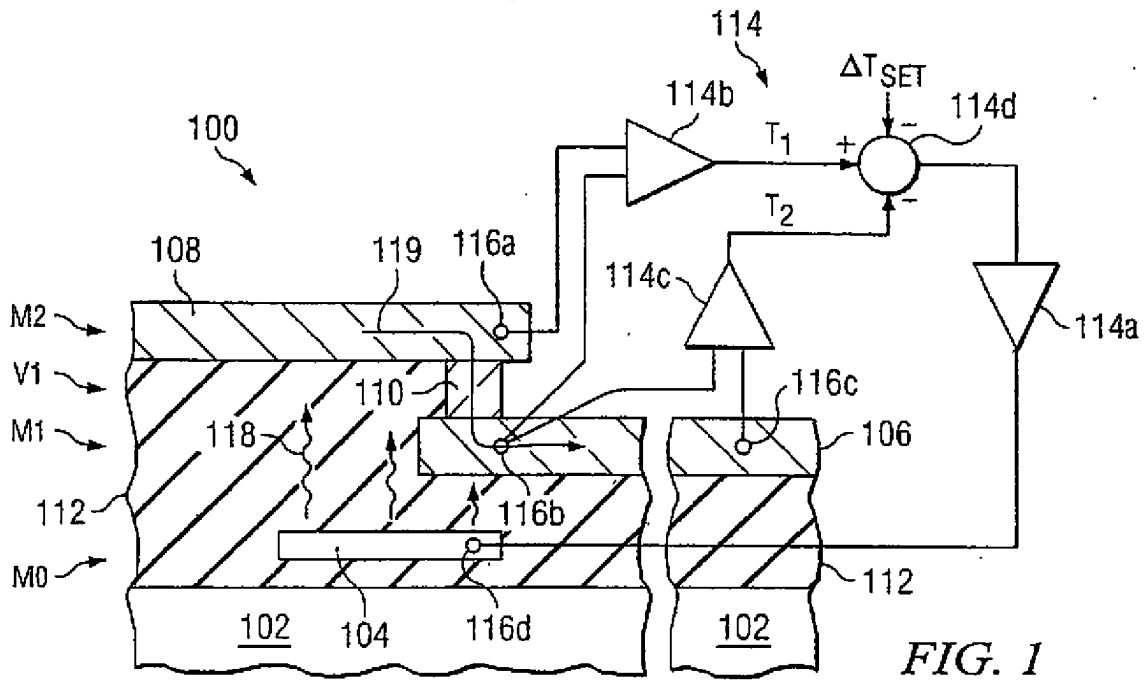
wobei  $T_{td}$  die dritte Temperatur des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) umfasst, wobei  $R_{td}(T_0)$  den zweiten Widerstand des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der ersten Temperatur  $T_0$  umfasst, wobei  $R_{td}(T_{td})$  den vierten Widerstand des TCR-Bestimmers (808a, 810a, 856, 857, 858) bei der dritten Temperatur  $T_{td}$  umfasst und wobei  $TCR_{td}$  den zweiten Betrag von TCR umfasst.

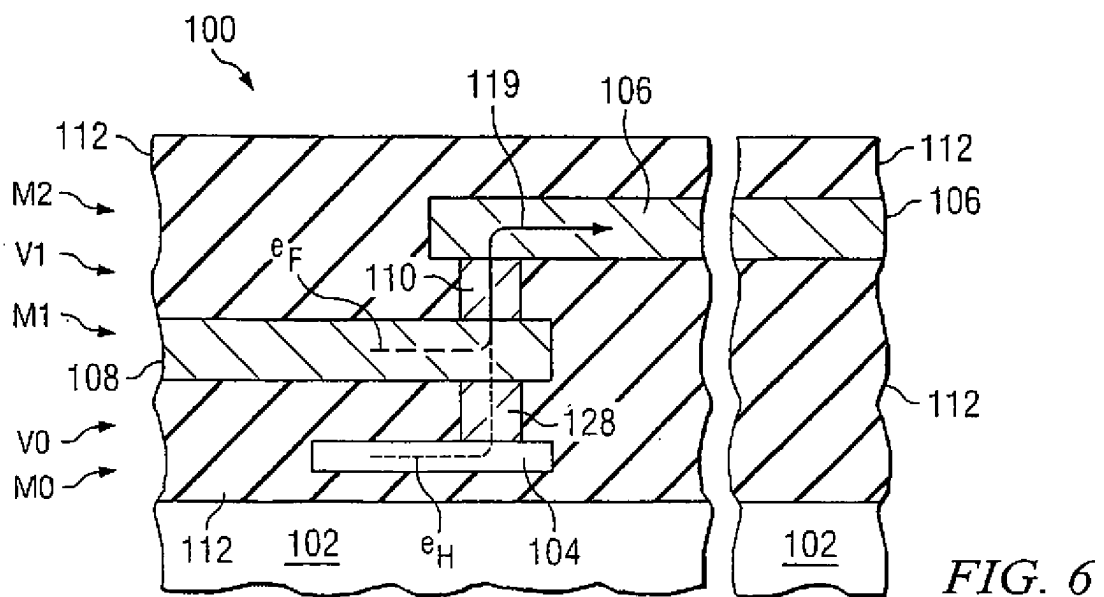
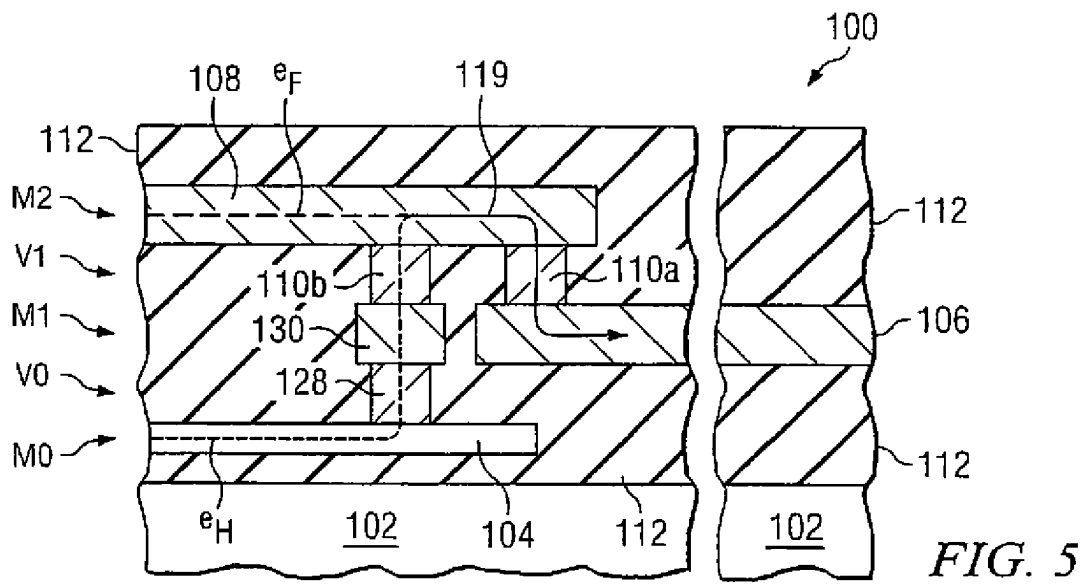
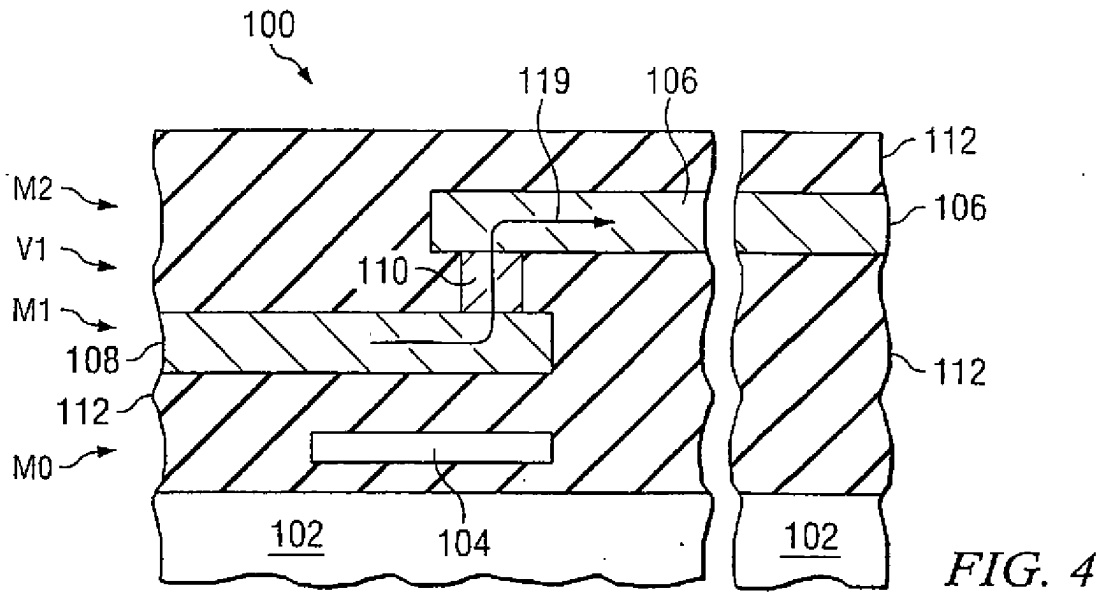
34. Testverfahren nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass der TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) eine Viakette (808a, 856, 857, 858) umfasst und/oder ein Einzelvia (810a).

35. Testverfahren nach Anspruch 34, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einzelvia (810a) in einem Elektromigrationstest beansprucht wird, und dass beim Elektromigrationstest die Temperatur des Einzelvias (810a) unter Verwendung eines mit dem TCR-Bestimmer (808a, 810a, 856, 857, 858) am Einzelvia (810a) bestimmten TCRs ermittelt wird.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





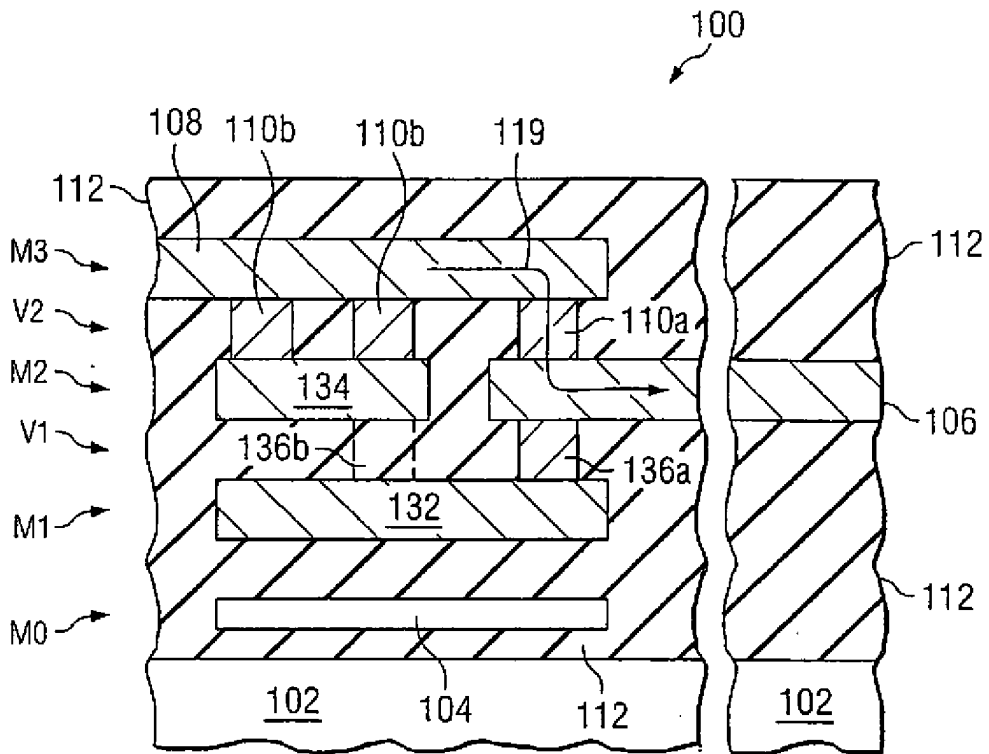


FIG. 7

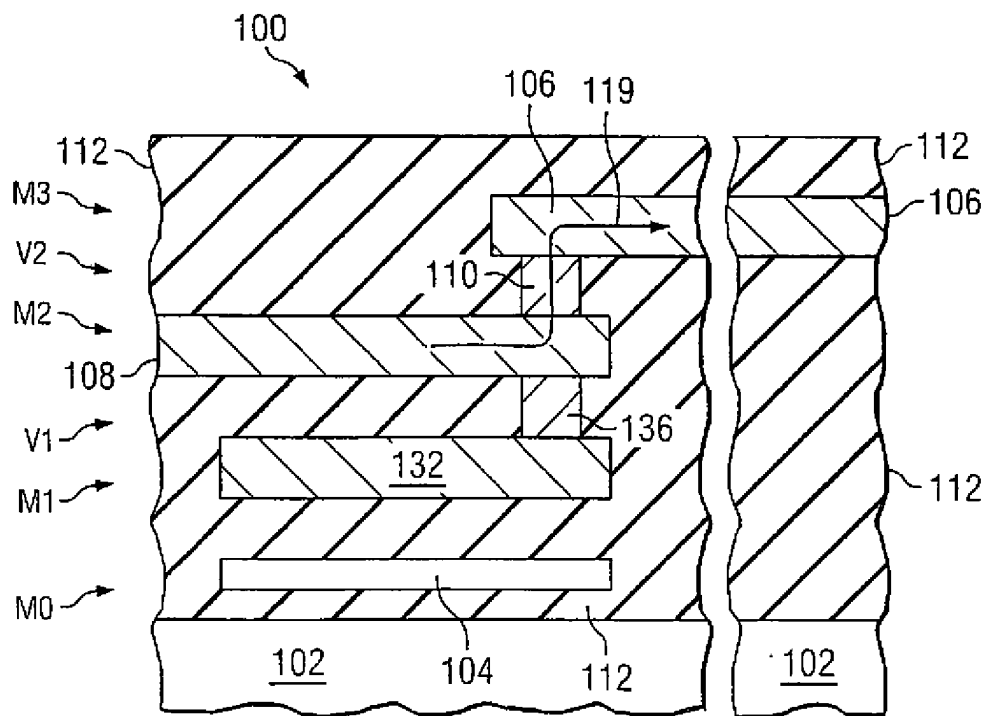
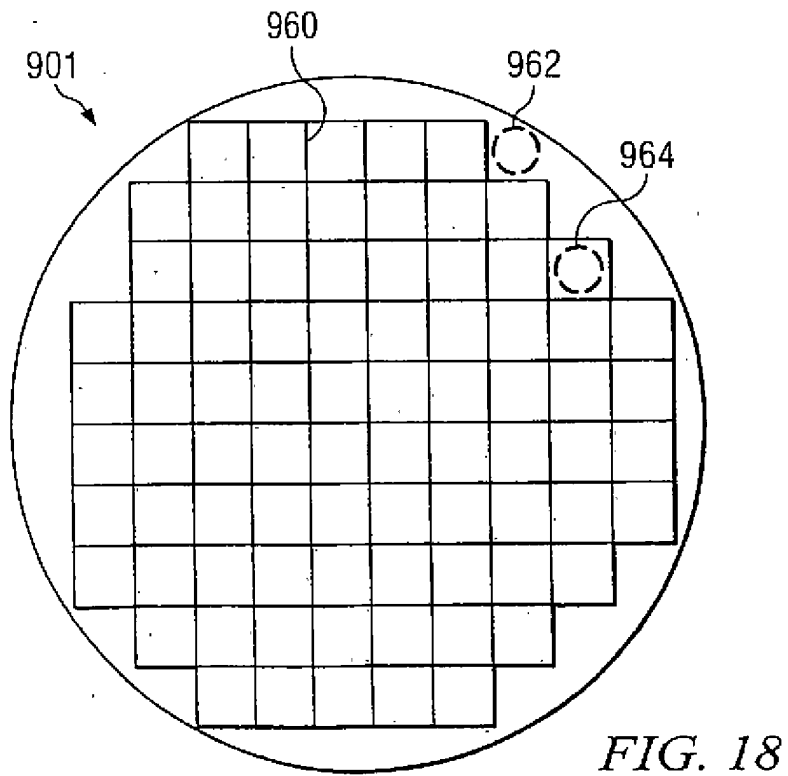
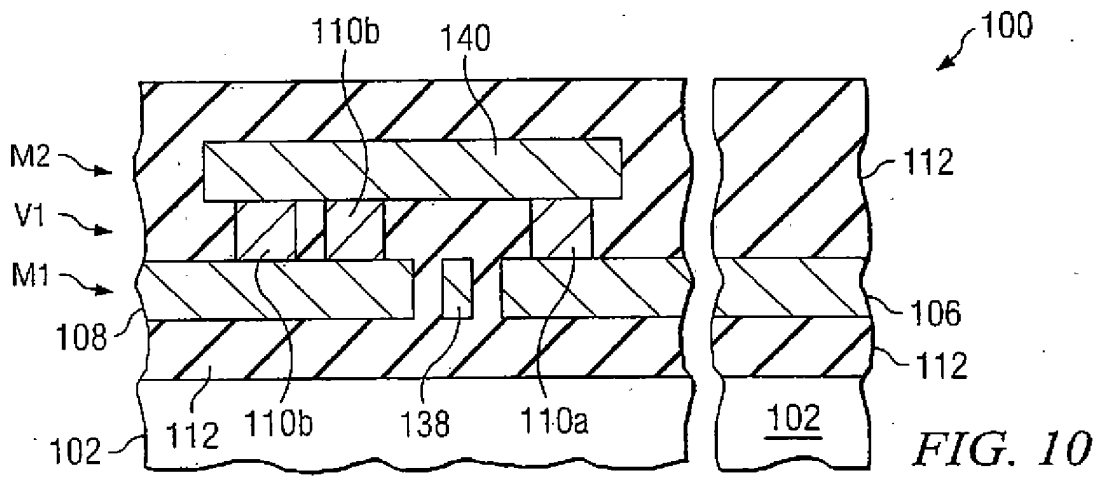
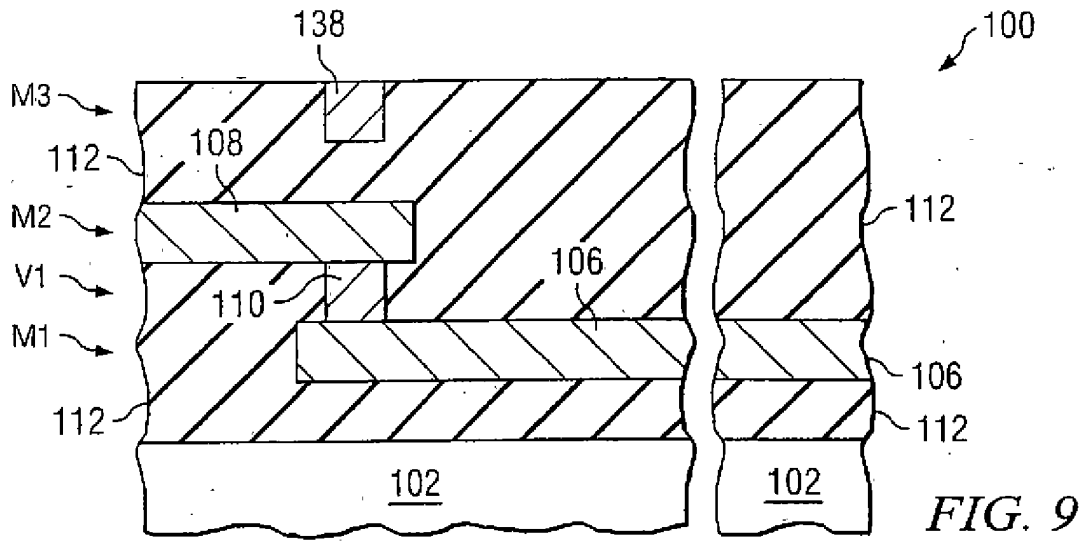


FIG. 8



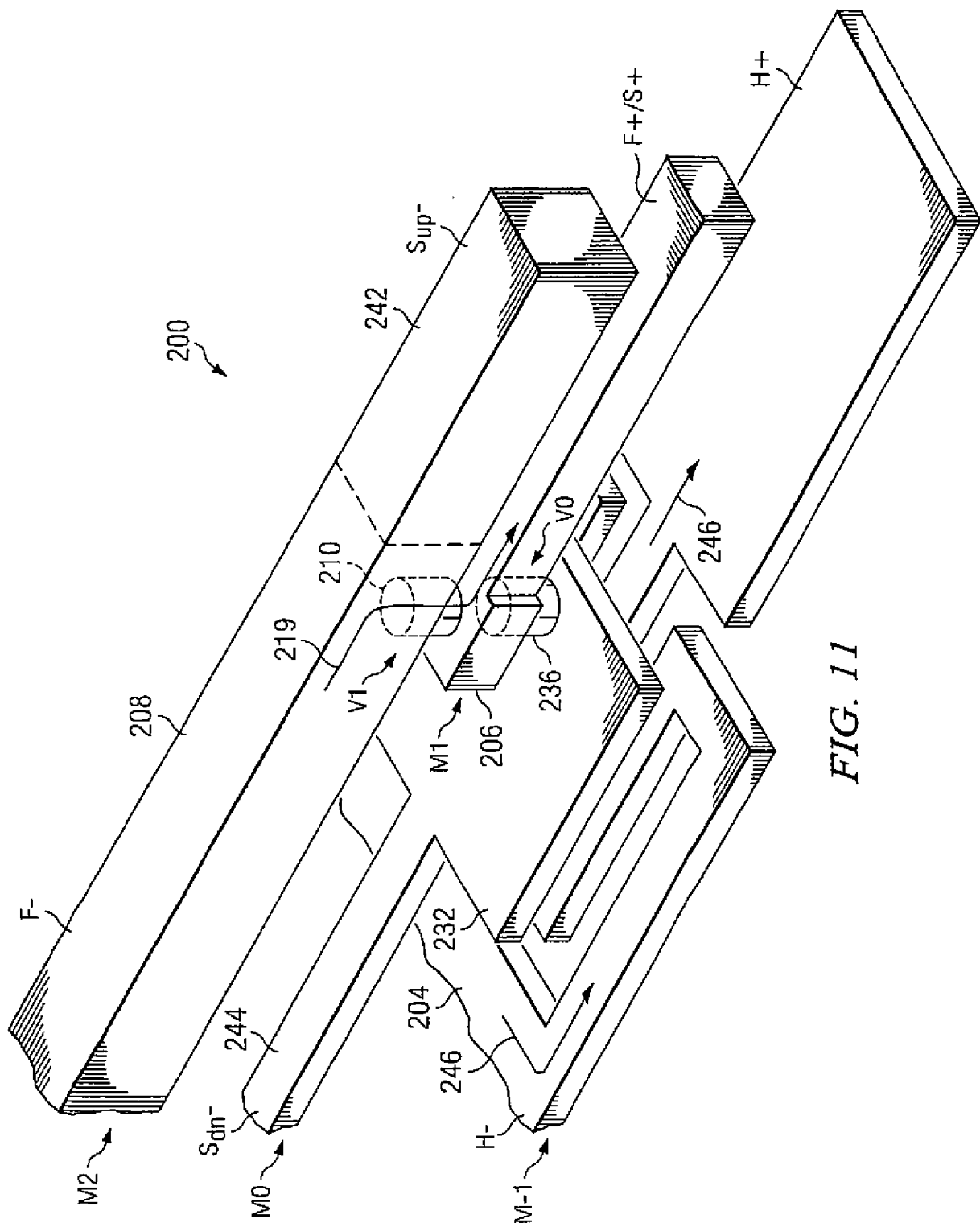


FIG. 11

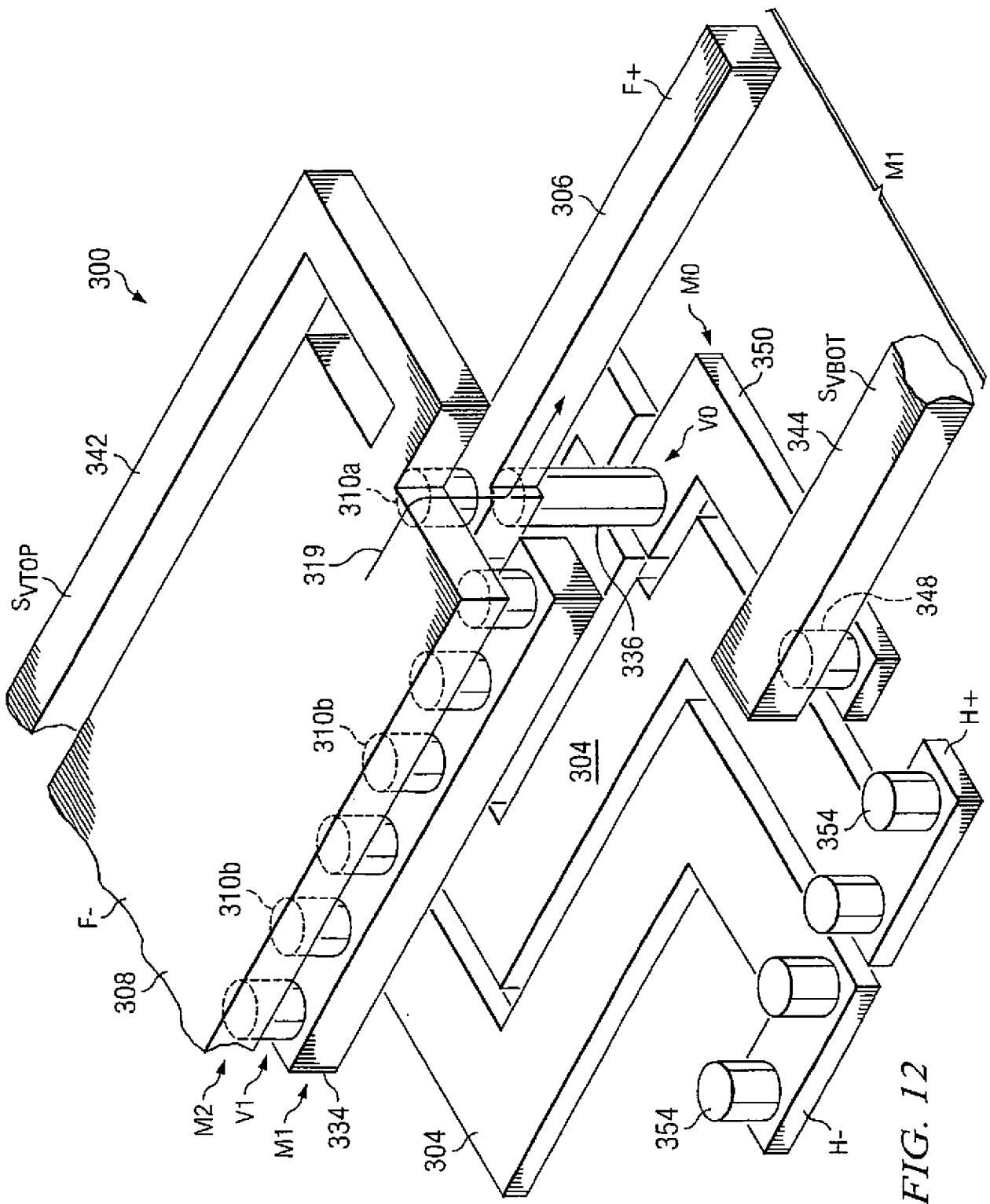
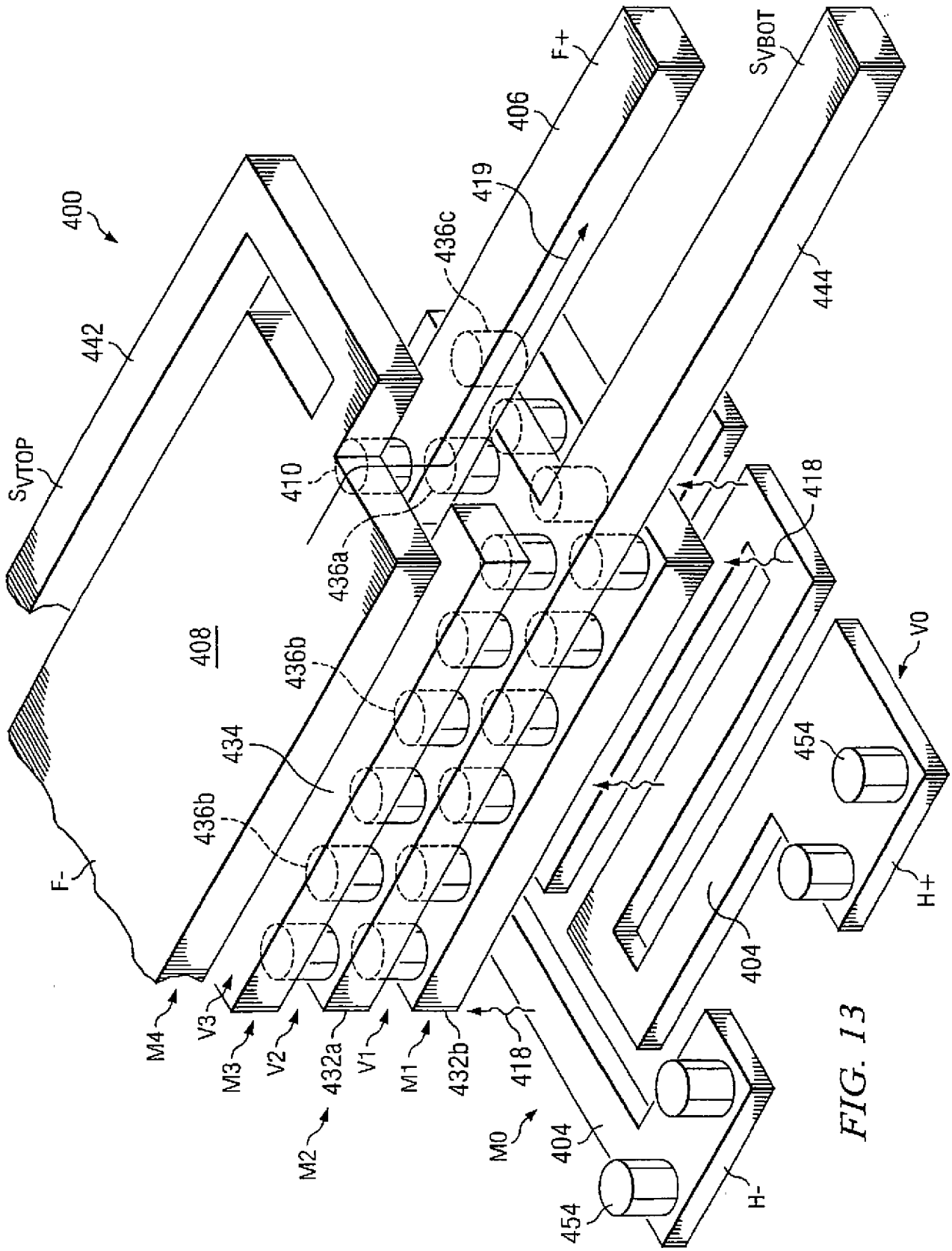


FIG. 12





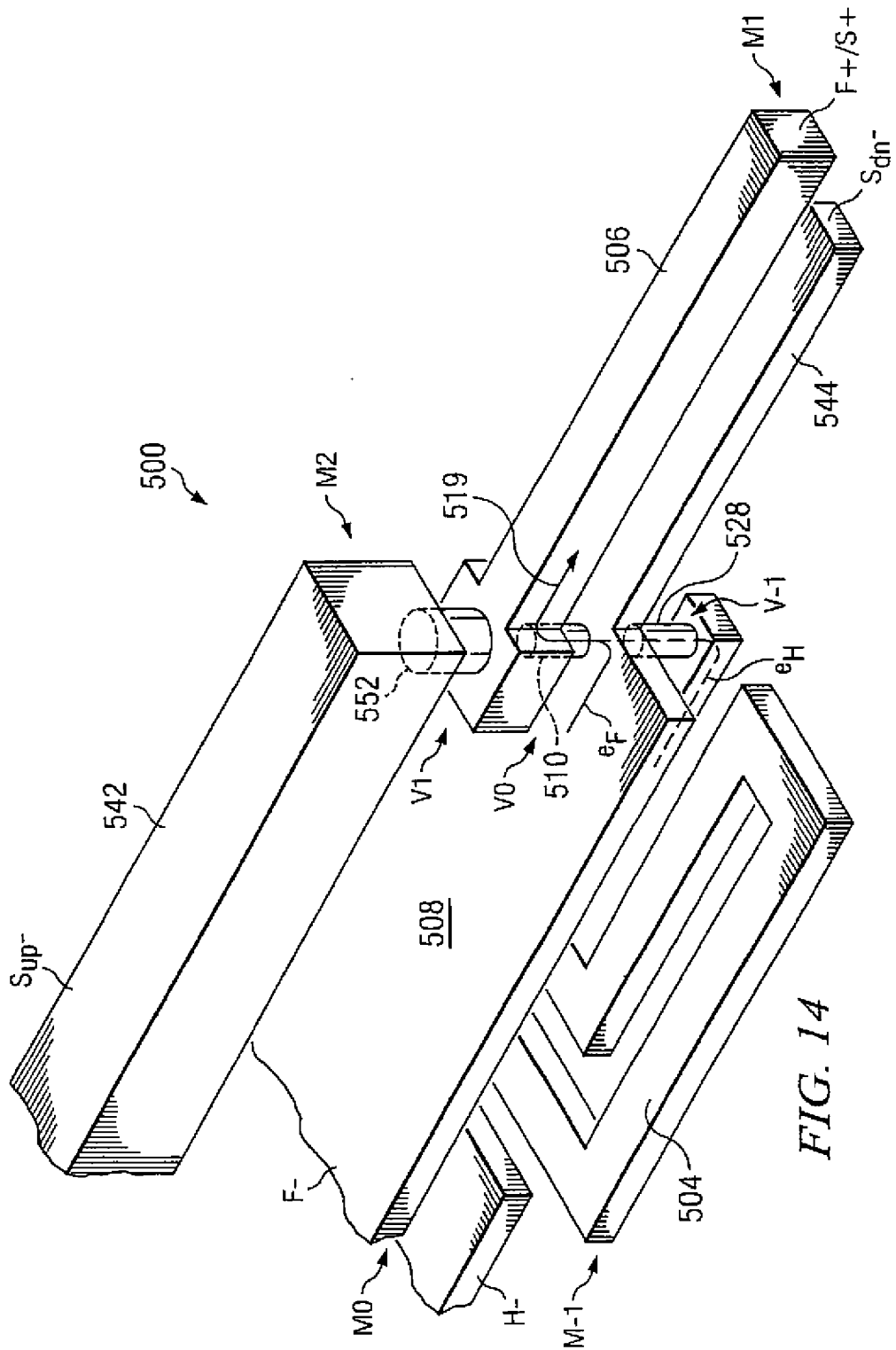


FIG. 14

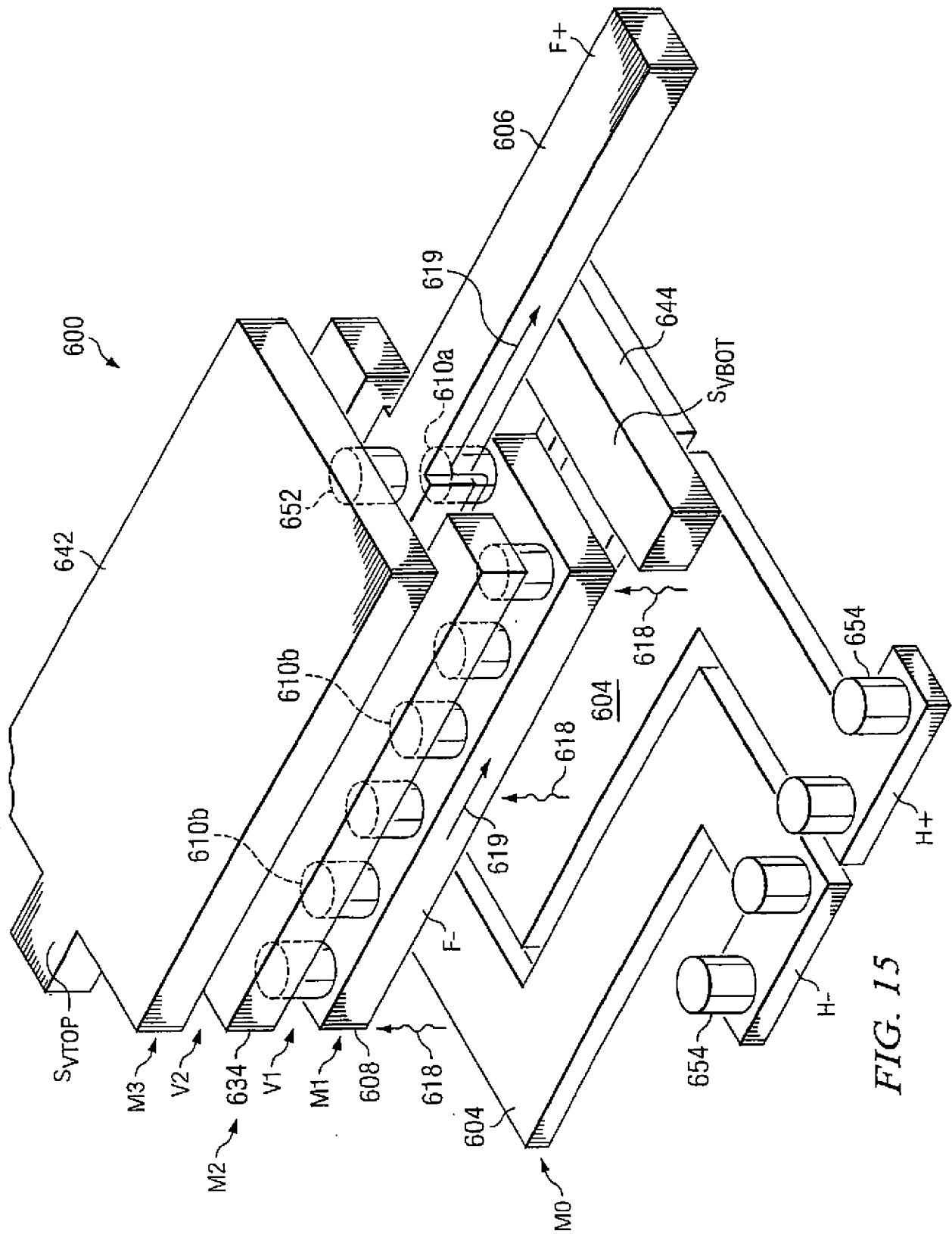


FIG. 15

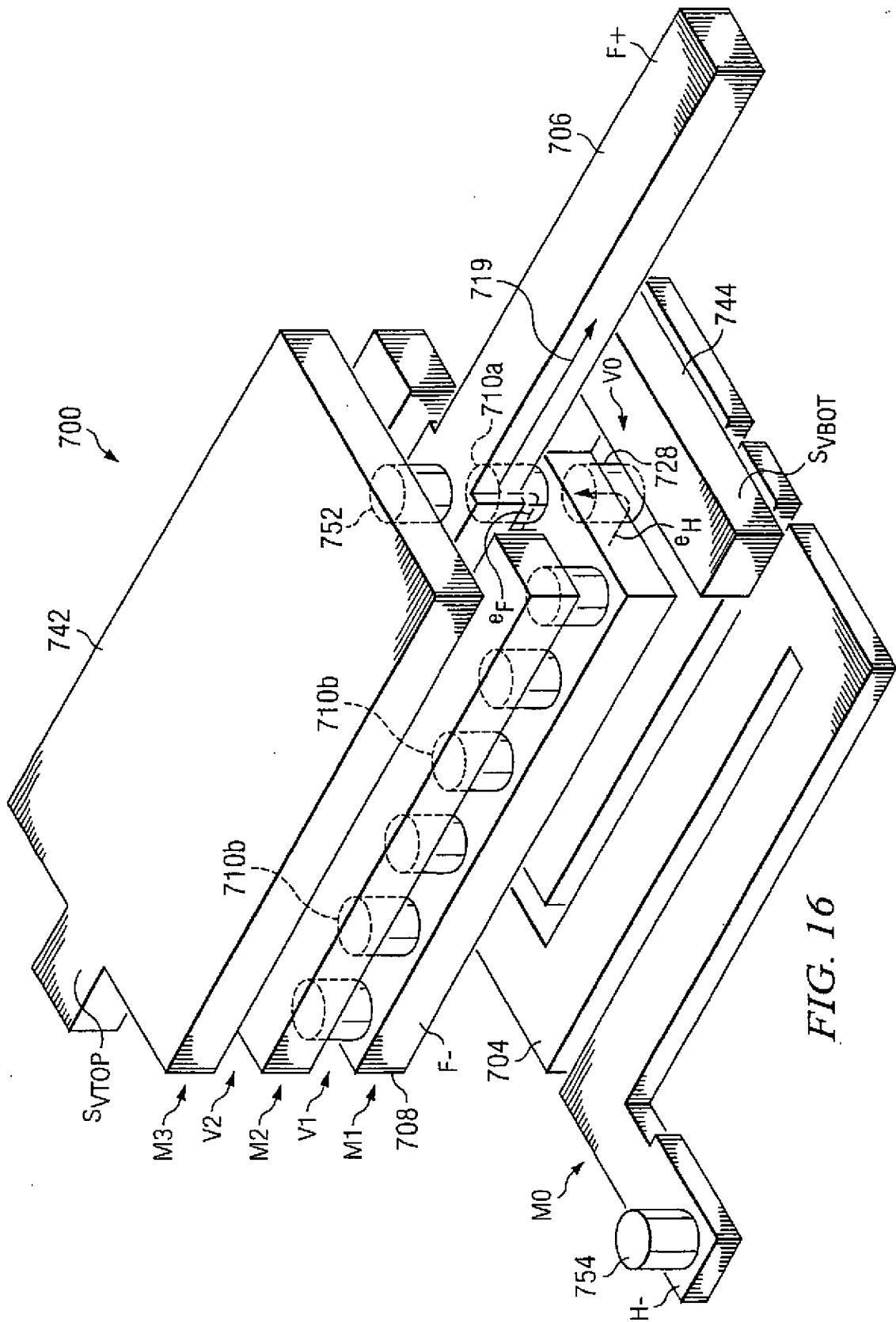


FIG. 16

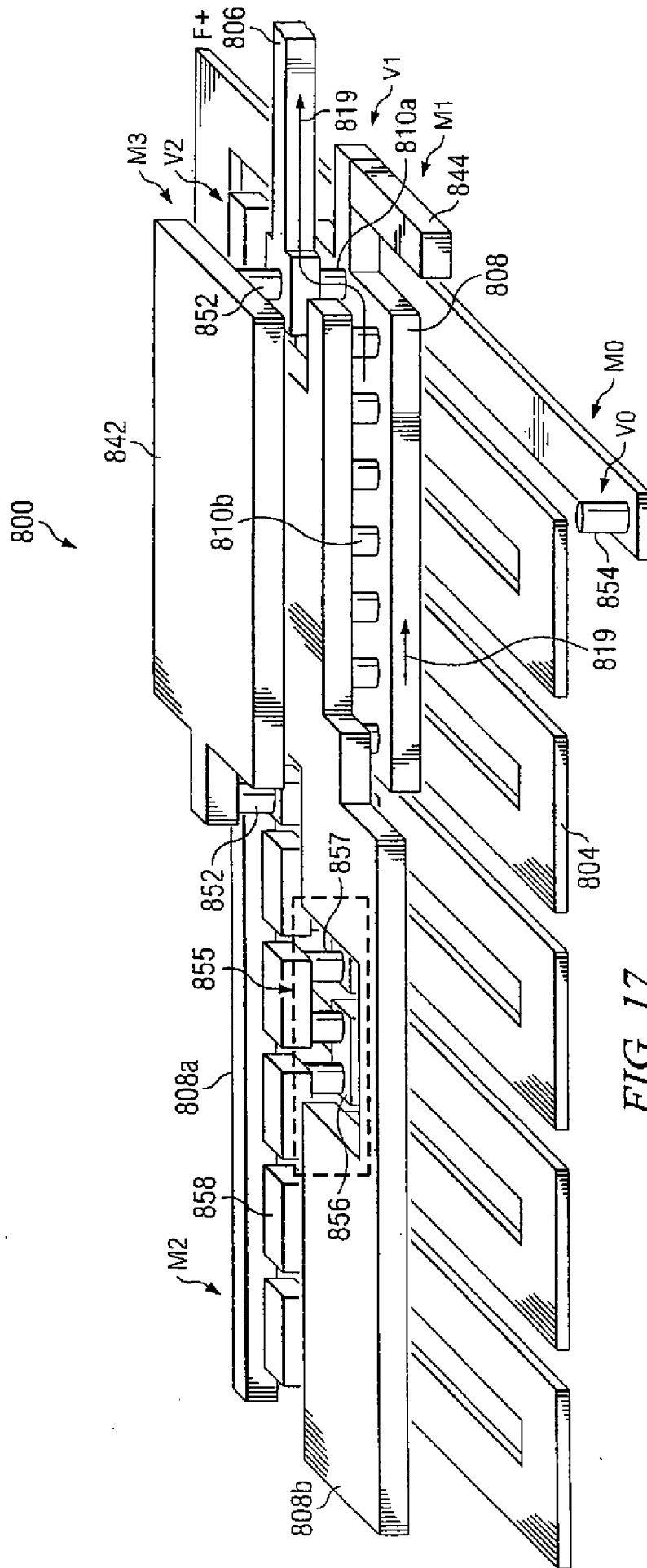


FIG. 17