



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 000 218 A1 2008.09.11**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 000 218.6**

(22) Anmeldetag: **01.02.2008**

(43) Offenlegungstag: **11.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/544 (2006.01)**

H01L 21/66 (2006.01)

G01R 31/28 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

11/710,086 23.02.2007 US

(74) Vertreter:

Kindermann, Patentanwälte, 85598 Baldham

(71) Anmelder:

Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

(72) Erfinder:

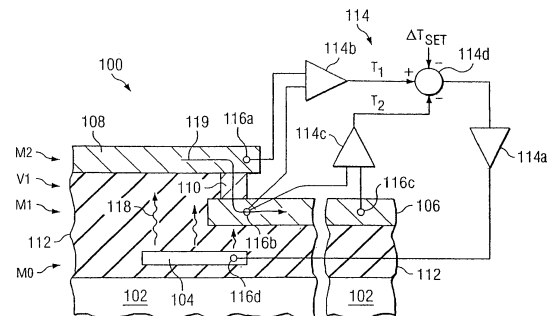
Walter, Wolfgang, 87600 Kaufbeuren, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(57) Zusammenfassung: Halbleiteranordnungsteststrukturen und Verfahren werden offenbart. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beinhaltet eine Teststruktur eine Zuleitung, eine Beanspruchungsleitung, die in der Nähe der Zuleitung angeordnet ist, und ein leitendes Merkmal, das zwischen der Beanspruchungsleitung und der Zuleitung angeordnet ist. Die Teststruktur beinhaltet einen Temperatureinsteller in der Nähe zumindest des leitenden Merkmals und zumindest eine Rückmeldungsanordnung, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist.



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 2006P 54041 US, angemeldet am 06. Februar 2007, mit dem Titel "Semiconductor Device Test Structures and Methods", diese Patentanmeldung ist hiermit durch Bezug eingearbeitet.

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 (SiO₂) getrennt sind.

[0006] Elektromigration ist ein Phänomen, das in lei-

tenden 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 Gleichstromdichten 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] 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 Elektromi-

grationstestzeiten 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.

[0011] Folglich besteht ein Bedarf an verbesserten Strukturen und Verfahren zum Testen von Elektromigration und elektromigrationsbezogenen Parametern in Halbleiteranordnungen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] 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.

[0013] 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 Rückmeldeanordnung, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist.

[0014] 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, abwei-

chen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0015] 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:

[0016] [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;

[0017] [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;

[0018] [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;

[0019] [Fig. 5](#) ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller einen Kontakt mit einem oberen Teilbereich eines Vias herstellt;

[0020] [Fig. 6](#) ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller einen Kontakt mit einem unteren Teilbereich eines Vias herstellt;

[0021] [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) Schnittansichten von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zeigen, die Wärmekollektoren in der Nähe des Vias der Teststruktur beinhalten;

[0022] [Fig. 9](#) ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei ein Temperatureinsteller in einer Richtung senkrecht zu der Teststruktur angeordnet ist;

[0023] [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;

[0024] [Fig. 11](#) bis [Fig. 16](#) perspektivische Ansichten von Teststrukturen in Übereinstimmung mit mehreren bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorlie-

genden Erfindung zeigen;

[0025] [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

[0026] [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.

[0027] 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

[0028] 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.

[0029] 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 stam-

men kann, kann Temperaturinhomogenitäten in einer Elektromigrations-Teststruktur erzeugen oder ändern.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] [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.

[0034] [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.

[0035] 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 ΔT_{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 ΔT_{SET} -Eingabe zu dem Signalsummierer **114d** zu erreichen.

[0036] 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.

[0037] 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 Elektro-

migrationstest 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.

[0038] 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 Widerstand 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.

[0039] 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.

[0040] Ein Teil eines Isoliermaterials **112** wird über dem Werkstück **102** angeordnet. Das Isoliermaterial

112 kann z. B. 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 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.

[0041] 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 Ausführungsbeispielen wird der Temperatureinsteller **104** z. B. in einer Materialschicht ausgebildet, die ein Refraktärmetall, wie beispielsweise Wolfram (W), umfasst, das ebenfalls keine Elektromigration aufweist.

[0042] 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.

[0043] 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 Pel-

tier-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.

[0044] 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 Durchführen der Tests auf eine gewünschte Temperatur zu bringen.

[0045] 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.

[0046] 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 BE-OL-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.

[0047] Die Beanspruchungsleitung **106** wird in der leitenden Materialschicht M1 ausgebildet. Die Bean-

spruchungsleitung **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.

[0048] 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 Materialschicht V1 kann alternativ eine obere Via-Verbindungs- oder Metallisierungsschicht umfassen.

[0049] 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.

[0050] 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**.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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 einem leitenden Material. Das überschüssige leitende Material wird oberhalb der Isoliermaterialschichten **112** z. B. unter Verwendung eines chemisch-mechanischen 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**.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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 vorherbestimmten Betrag des Offset-Sollsignals ΔT_{SET} absichtlich wärmer oder kühler als die Beanspruchungsleitung **106** gemacht werden.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] **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 einheitliche Temperatur über der Länge der neuen Teststruktur **100** unter Verwendung des Temperatureinstellers **104** und des Regelkreises **114** eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0060] 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.

[0061] **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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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 Leitbahn-

schicht M1 ausgebildeten Beanspruchungsleitung **106** fließt.

[0065] 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.

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

[0066] Das Verhältnis der Ströme e_H und e_F bestimmt z. B. die Temperatur des Vias **110** in diesem Ausführungsbeispiel.

[0067] [Fig. 6](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, wobei ein Temperatureinsteller **104** einen Kontakt mit einem unteren Teilbereich eines 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.

[0068] 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.

[0069] 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.

[0070] 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 Metallisierungsniveau 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.

[0071] 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.

[0072] [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.

[0073] [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.

[0074] 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 Wärmeübertragung zwischen dem Temperatureinsteller **104** und dem Via **110a** erleichtert.

[0075] 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**.

[0076] 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.

[0077] 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**.

[0078] [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 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.

[0079] Wieder beinhalten die in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) gezeigten Teststrukturen **100** vorzugsweise z. B. den in [Fig. 1](#) gezeigten Regelkreis **114**.

[0080] 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 Beanspruchungs-

leitung **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/Kühlordnung (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.

[0081] [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.

[0082] [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.

[0083] 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 aneinandergesekoppelt.

[0084] 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** ausgebil-

det 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.

[0085] 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 beinhaltet sein können. Der in [Fig. 1](#) gezeigte Regelkreis ist ebenfalls vorzugsweise z. B. in den in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) gezeigten Ausführungsbeispielen beinhaltet.

[0086] 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.

[0087] 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 ver-

meiden, 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.

[0088] [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.

[0089] 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 $S_{\text{dn-}}$. 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.

[0090] Die Zuleitung **208** ist in der oberen leitenden Schicht M2 ausgebildet. Eine Abfrageleitung **242** für ein Signal $S_{\text{up-}}$ 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.

[0091] 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 $S_{\text{dn-}}$ und $S_{\text{up-}}$ zu $S_{\text{+}}$, um die Elektromigrationseffekte auf das Via **210** zu bestimmen.

[0092] Eine weitere Messung kann z. B. auf der rechten Seite der Beanspruchungsleitung **206** bei Abfrageleitung $S_{\text{+}}$ durchgeführt und überwacht werden und mit dem Signal $S_{\text{dn-}}$ verglichen werden, um die Elektromigrationseffekte auf die Beanspruchungsleitung **206** zu bestimmen.

[0093] [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_{VTOP} gekoppelt. Die Beanspruchungsleitung **306** kann eine Länge von z. B. ungefähr 300 μm umfassen, obwohl die Beanspruchungsleitung **306** alternativ andere Abmessungen umfassen kann.

[0094] 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.

[0095] 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.

[0096] [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**.

[0097] 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**.

[0098] [Fig. 14](#) stellt eine perspektivische Ansicht ei-

ner 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.

[0099] 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.

[0100] [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 $S_{V_{TOP}}$ 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.

[0101] [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 Ausführungsbei-

spiel, 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.

[0102] [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 Übereinstimmung 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.

[0103] 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 V1-Niveaus (d. h. eine TCR-Kalibrierung des beanspruchten Vias **810a**) verwendet werden.

[0104] 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.

[0105] 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.

[0106] Die breite Leitung **808b** kann in der gleichen Schicht M2 wie die Beanspruchungsleitung **806** platziert 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 CMP-dishing 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.

[0107] 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).

[0108] 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**.

[0109] 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.

[0110] 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.

[0111] 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:

$$R(T) = R(T_0) \cdot (1 + \text{TCR}_0 \cdot (T - T_0)) \quad \text{Gl. 2;}$$

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 Leitungen 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.

[0112] Unter Verwendung von Gl. 2 kann die Temperatur T_w der breiten Leitung **808b** für einen bestimmten Betrag an Strom des Temperatureinstellers **804** unter Verwendung von Gleichung 3 berechnet werden:

$$T_w = (R_w(T_w) - R_w(T_0)) / (R_w(T_0) \cdot \text{TCR}_w) + T_0 \quad \text{Gl. 3;}$$

wobei $R(T)$ 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

stimmung bei zwei bekannten Temperaturen aufgrund von Testzeit- und/oder Kapazitätsbeschränkungen nicht durchgeführt werden kann, was z. B. typischerweise der Fall ist bei schnellen Elektromigrationsstests mit In-Line-Überwachung auf Waferebene. 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.

[0113] 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:

$$TCR_n = (R_n(T_n) - R_n(T_0)) / (R_n(T_0) \cdot (T_n - T_0)) \quad \text{Gl. 4; und}$$

$$TCR_v = (R_v(T_v) - R_v(T_0)) / (R_v(T_0) \cdot (T_v - T_0)) \quad \text{Gl. 5}$$

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

[0114] 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 Widerstandes $R_v(T_0)$ der Viakette **856/857/858** und des Widerstandes $R_n(T_0)$ 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 Widerstandes $R(T)$ der Viakette **856/857/858** und des Widerstandes $R(T)$ 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 Wertes von T_v , welcher gleich ist mit T_w , und der bekannten Anfangstemperatur T_0 unter Verwendung von voranstehender Gl. 5 berechnet.

[0115] 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 bestimmten 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 Elektromigrationsstests zu bestimmen.

[0116] 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:

$$TCR_{td} = (R_{td}(T_{td}) - R_{td}(T_0)) / (R_{td}(T_0) \cdot (T_{td} - T_0)) \quad \text{Gl. 6}$$

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

[0117] 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_w 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_w , die gleichen kleinen Fehler wie TCR_w aufweisen werden.

[0118] 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 erhöht, und der Widerstand verringert sich wie die Temperatur sich verringert.

[0119] 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.

[0120] 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.

[0121] 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 kön-

nen die neuen TCR-Bestimmungs-Teststrukturen z. B. als allein stehende TCR-Bestimmungs-Teststrukturen verwendet werden.

[0122] 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 µm 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.

[0123] 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.

[0124] 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.

[0125] 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.

[0126] 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.

[0127] 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 Leitung **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 **856/857/858** 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.

[0128] 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.

[0129] [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**,

den 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.

[0134] 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 Elektromigrationseffekttesten 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.

[0135] 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.

[0136] 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.

[0137] 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 beschriebe-

nen 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**.

[0138] Vorteilhafterweise kann die Temperatur der beanspruchten Vias **110, 110a, 210, 310a, 410, 510, 610a, 710a und 810a** und/oder der Beanspruchungsleitungen **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.

[0139] 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 elektrothermische 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 Wider-

stand 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.

[0140] Obwohl Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung und ihre Vorteile im Detail beschrieben wurden, sollte verstanden werden, dass zahlreiche Änderungen, Ersetzungen und Umbauten vorgenommen werden können, ohne vom Kern und Umfang der durch die beigefügten Ansprüche definierten Erfindung abzuweichen. Beispielsweise wird vom Fachmann leicht nachvollzogen, dass viele hierin beschriebene Eigenschaften, Funktionen, Prozesse und Materialien innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung verändert werden können. Darüber hinaus ist es nicht beabsichtigt, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung auf die speziellen, in der Beschreibung dargestellten Ausführungsbeispiele des Prozesses, der Vorrichtung, der Herstellung, der Materialzusammensetzung, der Mittel, der Verfahren und Arbeitsschritte begrenzt werden soll. Der Fachmann wird aus der Offenbarung der vorliegenden Erfindung leicht einsehen, dass derzeit existierende oder noch zu entwickelnde Prozesse, Maschinen, Erzeugnisse, Materialzusammensetzungen, Mittel, Verfahren oder Arbeitsschritte, welche im Wesentlichen die gleiche Funktion erfüllen oder im Wesentlichen das gleiche Ergebnis erzielen wie die entsprechenden hier dargestellten Ausführungsbeispiele, entsprechend der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Entsprechend ist es beabsichtigt, dass die beigefügten Ansprüche in ihrem Umfang solche Prozesse, Vorrichtungen, Erzeugnisse, Materialzusammensetzungen, Mittel, Verfahren und Arbeitsschritte umfassen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 200654041 [\[0070\]](#)

Patentansprüche

1. Teststruktur mit:
 einer Zuleitung;
 einer Beanspruchungsleitung, die in der Nähe der Zuleitung angeordnet ist;
 einem leitenden Merkmal, das zwischen der Beanspruchungsleitung und der Zuleitung angeordnet ist;
 einem Temperatureinsteller in der Nähe zumindest des leitenden Merkmals; und
 zumindest einer Rückmeldungsanordnung, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist.

2. Teststruktur nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuleitung und die Beanspruchungsleitung in einer einzigen leitenden Materialschicht einer Halbleiteranordnung ausgebildet sind, oder dass die Zuleitung in einer ersten leitenden Materialschicht einer Halbleiteranordnung ausgebildet ist und die Beanspruchungsleitung in einer zweiten leitenden Materialschicht der Halbleiteranordnung ausgebildet ist.

3. Teststruktur nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Rückmeldungsanordnung angepasst ist, um eine Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal zu überwachen und zu regeln.

4. Teststruktur nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuleitung, die Beanspruchungsleitung, das leitende Merkmal und der Temperatureinsteller auf einer Halbleiteranordnung ausgebildet sind, und wobei die zumindest eine Rückmeldungsanordnung eine Hardware, die extern zu der Halbleiteranordnung und an diese gekoppelt ist, eine Hardware, die auf der Halbleiteranordnung angeordnet ist, und/oder eine Software, die an die Halbleiteranordnung gekoppelt ist, umfasst.

5. Teststruktur nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Rückmeldungsanordnung einen Regler umfasst, der einen Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wobei der Eingang des Reglers an ein Signal gekoppelt ist, das einen Fehler zwischen einem bestimmten Temperaturdifferenziert und einem Offset zwischen einer Temperatur des leitenden Merkmals und einer Temperatur der Beanspruchungsleitung anzeigt, und wobei der Ausgang des Reglers an den Temperatureinsteller gekoppelt ist.

6. Teststruktur nach Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Rückmeldungsanordnung weiterhin einen ersten Temperatur-Bestimmer, einen zweiten Temperatur-Bestimmer und einen Signalsummierer umfasst, wobei der erste Temperatur-Bestimmer einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wo-

bei der zweite Temperatur-Bestimmer einen ersten Eingang, einen zweiten Eingang und einen Ausgang beinhaltet, wobei der erste Eingang des ersten Temperatur-Bestimmers an eine erste Seite des leitenden Merkmals gekoppelt ist, wobei der zweite Eingang des ersten Temperatur-Bestimmers an eine zweite Seite des leitenden Merkmals gekoppelt ist, wobei der Ausgang des ersten Temperatur-Bestimmers ein erstes Signal umfasst, das die Temperatur des leitenden Merkmals angibt, wobei der erste Eingang des zweiten Temperatur-Bestimmers an eine erste Seite der Beanspruchungsleitung gekoppelt ist, wobei der zweite Eingang des zweiten Temperatur-Bestimmers an eine zweite Seite der Beanspruchungsleitung gekoppelt ist, wobei der Ausgang des zweiten Temperatur-Bestimmers ein zweites Signal umfasst, das die Temperatur der Beanspruchungsleitung angibt, wobei der Ausgang des ersten Temperatur-Bestimmers, der Ausgang des zweiten Temperatur-Bestimmers und ein Offset-Sollsignal an eine Vielzahl von Eingängen des Signalsummierers gekoppelt sind, und wobei ein Ausgang des Signalsummierers an den Eingang des Reglers gekoppelt ist.

7. Halbleiteranordnung mit:
 einem Mittel zum Messen von Elektromigration;
 einem Mittel zum Liefern eines Stroms für das Mittel zum Messen von Elektromigration;
 einem leitenden Merkmal, das zwischen dem Mittel zum Liefern des Stroms und dem Mittel zum Messen von Elektromigration angeordnet ist;
 einem Mittel zum Ändern einer Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal; und
 einem Rückmeldungsmerkmal der Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal, das an das Mittel zum Ändern der Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal gekoppelt ist.

8. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 7, weiterhin mit:
 einem Mittel zum Aufnehmen von Wärme, wobei das Mittel zum Aufnehmen von Wärme in der Nähe ist von, gekoppelt ist an, oder einen Teil des Mittels zur Messung von Elektromigration, des Mittels zum Liefern des Stroms oder des leitenden Merkmals umfasst.

9. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest das Mittel zum Messen von Elektromigration, das Mittel zum Liefern des Stroms für das Mittel zum Messen von Elektromigration, das zwischen dem Mittel zum Liefern von Strom und dem Mittel zum Messen von Elektromigration angeordnete leitende Merkmal und das Mittel zum Ändern der Temperatur von zumindest dem leitenden Merkmal eine Teststruktur umfassen, und wobei die Teststruktur in einem dedizierten Gebiet eines Halbleiterplättchens, einem ungebrauchten Gebiet eines Halbleiterplättchens, einem Testgebiet eines Halbleiterplättchens, einem Bruchlini-

en-Gebiet der Halbleiteranordnung, einem unvollständig ausgebildeten Halbleiterplättchengebiet der Halbleiteranordnung oder mehreren Gebieten oder Kombinationen davon ausgebildet ist.

10. Halbleiteranordnung mit:

einer ersten Leitbahn;
einer zweiten Leitbahn;
einem leitenden Merkmal, das zwischen der ersten Leitbahn und der zweiten Leitbahn angeordnet und an diese gekoppelt ist;
einem Temperatureinsteller in der Nähe zumindest des leitenden Merkmals, wobei die Temperatur und/oder Elektromigration in der zweiten Leitbahn oder an dem leitenden Merkmal messbar ist, wenn ein Strom durch die erste Leitbahn, das leitende Merkmal und die zweite Leitbahn hindurch geführt wird; und
zumindest einer Rückmeldungsanordnung, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist.

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

12. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 11, weiterhin mit:
einer dritten Abfrageleitung, die an das zweite Ende des leitenden Merkmals gekoppelt ist, wobei die Temperatur und/oder Elektromigration des leitenden Merkmals unter Verwendung der zweiten Abfrageleitung und der dritten Abfrageleitung messbar ist.

13. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatureinsteller parallel oder senkrecht zu der ersten Leitbahn, der zweiten Leitbahn und dem leitenden Merkmal angeordnet ist.

14. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 10, weiterhin mit:
einer thermischen Widerstandskoeffizienten(TCR)-Bestimmungsteststruktur in der Nähe der ersten Leitbahn, der zweiten Leitbahn, des leitenden Merkmals und/oder des Temperatureinstellers.

15. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die TCR-Bestimmungsteststruktur zumindest eine breite Leitbahn

und einen TCR-Bestimmer in der Nähe der zumindest einen breiten Leitbahn umfasst, wobei die zumindest eine breite Leitbahn eine erste Breite umfasst, wobei die erste Breite größer ist als oder im Wesentlichen gleich ist einer zweiten Breite eines Teilbereichs des TCR-Bestimmers, und wobei eine Temperatur und ein Betrag des TCR des TCR-Bestimmers aus einer bestimmbar Temperatur der zumindest einen breiten Leitbahn bestimmbar sind.

16. Halbleiteranordnung nach Patentanspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der TCR-Bestimmer eine Viakette, das leitende Merkmal und/oder eine schmale Leitbahn umfasst, wobei die schmale Leitbahn die zweite Breite umfasst.

17. Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung mit den Schritten:
Bereitstellen eines Werkstücks;
Ausbilden einer Zuleitung über dem Werkstück;
Ausbilden einer Beanspruchungsleitung über dem Werkstück;
Ausbilden eines leitenden Merkmals zwischen der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung;
Anordnen eines Temperatureinstellers in der Nähe zumindest des leitenden Merkmals; und
Koppeln zumindest einer Rückmeldungsanordnung an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal.

18. Verfahren nach Patentanspruch 17 mit dem weiteren Schritt:
Koppeln des Temperatureinstellers an das leitende Merkmal.

19. Verfahren nach Patentanspruch 17 mit den weiteren Schritten:
Koppeln einer Stromversorgungsleitung an die Zuleitung und
Koppeln einer Stromrückführungsleitung an die Beanspruchungsleitung.

20. Verfahren nach Patentanspruch 17, wobei das Anordnen des Temperatureinstellers ein Ausbilden eines Heizers, eines Peltier-Elements und/oder einer thermoelektrischen Anordnung umfasst.

21. Verfahren nach Patentanspruch 17, wobei das Anordnen des Temperatureinstellers ein Ausbilden eines Halbleitermaterials oder eines Refraktärmetalls umfasst.

22. Verfahren zur Prozessierung einer Halbleiteranordnung mit den Schritten:
Bereitstellen eines Werkstücks, wobei das Werkstück eine Teststruktur beinhaltet, die eine Zuleitung, eine Beanspruchungsleitung, ein zwischen der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung angeordnetes leitendes Merkmal, einen Temperatureinsteller in der Nähe

zumindest des leitenden Merkmals und zumindest eine Rückmeldungsanordnung umfasst, die an den Temperatureinsteller und zumindest das leitende Merkmal gekoppelt ist;
Hindurchleiten eines Stroms durch die Teststruktur;
und
Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags eines Teilbereichs der Teststruktur.

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

24. Verfahren nach Patentanspruch 22, wobei das Messen des Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags des Teilbereichs der Teststruktur ein Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags innerhalb der Beanspruchungsleitung und/oder ein Messen eines Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags des leitenden Merkmals umfasst, das zwischen der Zuleitung und der Beanspruchungsleitung angeordnet ist.

25. Verfahren nach Patentanspruch 22 mit dem weiteren Schritt:

Ändern einer Temperatur von zumindest einem Teilbereich des leitenden Merkmals unter Verwendung des Temperatureinstellers oder eines waferexternen Heizers vor oder während des Messens des Temperatur- und/oder Elektromigrationsbetrags.

26. Verfahren nach Patentanspruch 25, wobei das Ändern der Temperatur von zumindest dem Teilbereich des leitenden Merkmals ein Erhitzen, Kühlen oder abwechselnd sowohl Erhitzen als auch Kühlen zumindest des Teilbereichs des leitenden Merkmals umfasst.

27. Verfahren nach Patentanspruch 22, wobei das Bereitstellen des Werkstücks ein Herstellen eines Halbleiterwafers umfasst.

28. Teststruktur mit:
zumindest einem thermischen Widerstandskoeffizienten(TCR)-Bestimmer;
zumindest einer breiten Leitbahn in der Nähe des zumindest einen TCR-Bestimmers, wobei die zumindest eine breite Leitbahn eine erste Breite umfasst, wobei die erste Breite größer als oder im Wesentlichen gleich einer zweiten Breite eines Teilbereichs des zumindest einen TCR-Bestimmers ist, wobei eine Temperatur und ein Betrag von TCR des zumindest einen TCR-Bestimmers aus einer bestimmbar Temperatur von der zumindest einen breiten Leit-

bahn bestimmbar sind; und
einem Temperatureinsteller in der Nähe zumindest der zumindest einen breiten Leitbahn.

29. Teststruktur nach Patentanspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine TCR-Bestimmer ein zwischen einer Zuleitung und einer Beanspruchungsleitung angeordnetes Via umfasst, oder der zumindest eine TCR-Bestimmer eine die zweite Breite umfassende schmale Leitbahn umfasst.

30. Teststruktur nach Patentanspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein TCR-Bestimmer eine Viakette umfasst, wobei die Viakette eine Vielzahl von Vias umfasst, die in einer leitenden Materialschicht einer Halbleiteranordnung angeordnet sind, wobei die Viakette eine Vielzahl von ersten Verbindungen umfasst, die unterhalb der Vielzahl von Vias angeordnet sind, wobei die Vielzahl von ersten Verbindungen jede zweiten zwei angrenzenden Vias der Vielzahl von Vias aneinanderkoppelt, wobei die Viakette weiterhin eine Vielzahl von zweiten Verbindungen umfasst, die oberhalb der Vielzahl von Vias angeordnet sind, wobei die Vielzahl von zweiten Verbindungen jede zweiten zwei angrenzenden Vias der Vielzahl von Vias aneinanderkoppelt, und wobei die Vielzahl von zweiten Verbindungen um eines der Vielzahl von Vias von der Vielzahl von ersten Verbindungen versetzt sind.

31. Teststruktur nach Patentanspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine breite Leitbahn eine erste breite Leitbahn, die in der Nähe einer ersten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers angeordnet ist, und eine zweite breite Leitbahn, die in der Nähe einer zweiten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers angeordnet ist, umfasst, wobei die zweite Seite gegenüberliegend der ersten Seite des zumindest einen TCR-Bestimmers ist.

32. Teststruktur nach Patentanspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine breite Leitbahn eine Breite von ungefähr 2 μm oder weniger umfasst.

33. Testverfahren mit den Schritten:
Bereitstellen einer Teststruktur nach Patentanspruch 28, wobei die Teststruktur eine erste Temperatur umfasst;
Messen eines ersten Widerstands der zumindest einen breiten Leitbahn bei der ersten Temperatur;
Messen eines zweiten Widerstands des zumindest einen TCR-Bestimmers bei der ersten Temperatur;
Ändern der ersten Temperatur von zumindest der zumindest einen breiten Leitbahn unter Verwendung des Temperatureinstellers der Teststruktur oder eines wafer-externen Heizers auf eine unbekannt zweite Temperatur;
Messen eines dritten Widerstands der zumindest ei-

nen breiten Leitbahn bei der zweiten Temperatur; und Bestimmen der zweiten Temperatur unter Verwendung des gemessenen dritten Widerstands der zumindest einen breiten Leitbahn bei der zweiten Temperatur, eines angenommenen ersten Betrags von TCR für die zumindest eine breite Leitbahn, des gemessenen ersten Widerstand der zumindest einen breiten Leitbahn bei der ersten Temperatur und der ersten Temperatur, wobei eine dritte Temperatur des TCR-Bestimmers im Wesentlichen die gleiche ist wie die zweite Temperatur der zumindest einen breiten Leitbahn.

34. Testverfahren nach Patentanspruch 33 mit den weiteren Schritten:

Messen eines vierten Widerstandes des zumindest einen TCR-Bestimmers bei der zweiten Temperatur; und

Bestimmen eines zweiten Betrags von TCR des zumindest einen TCR-Bestimmers aus der zweiten Temperatur, dem gemessenen vierten Widerstand des zumindest einen TCR-Bestimmers bei der zweiten Temperatur, dem gemessenen zweiten Widerstand des zumindest einen TCR-Bestimmers bei der ersten Temperatur und der ersten Temperatur.

35. Testverfahren nach Patentanspruch 34, wobei das Bestimmen der zweiten Temperatur ein Verwenden von Gl. 3 umfasst:

$$T_w = (R_w(T_w) - R_w(T_0)) / (R_w(T_0) \cdot TCR_w) + T_0 \quad \text{Gl. 3;}$$

wobei T_0 eine erste Temperatur umfasst, wobei TCR_w den angenommenen ersten Betrag von TCR für die zumindest eine breite Leitbahn umfasst, wobei $R_w(T_w)$ den dritten Widerstand bei der Temperatur T_w der zumindest einen breiten Leitbahn umfasst, wobei $R_w(T_0)$ den ersten Widerstand der zumindest einen breiten Leitbahn umfasst und wobei T_w die zweite Temperatur umfasst; und

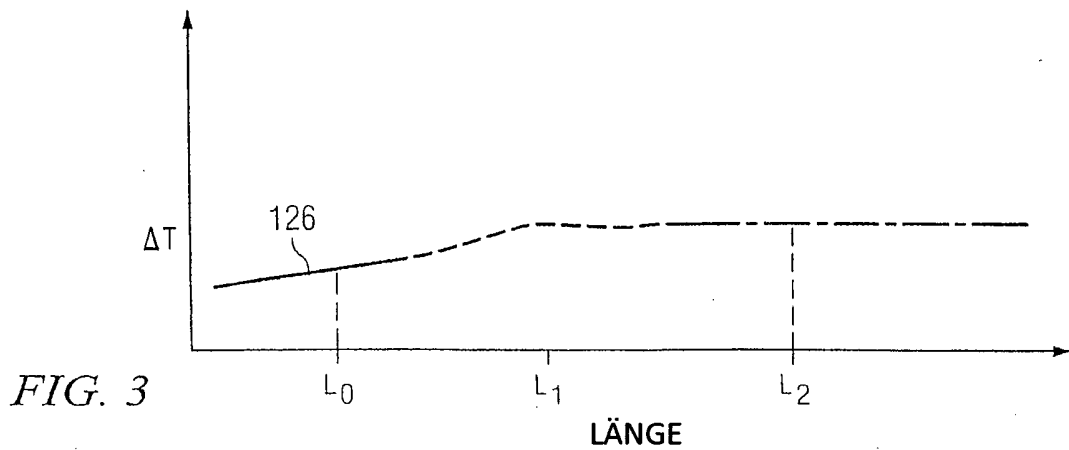
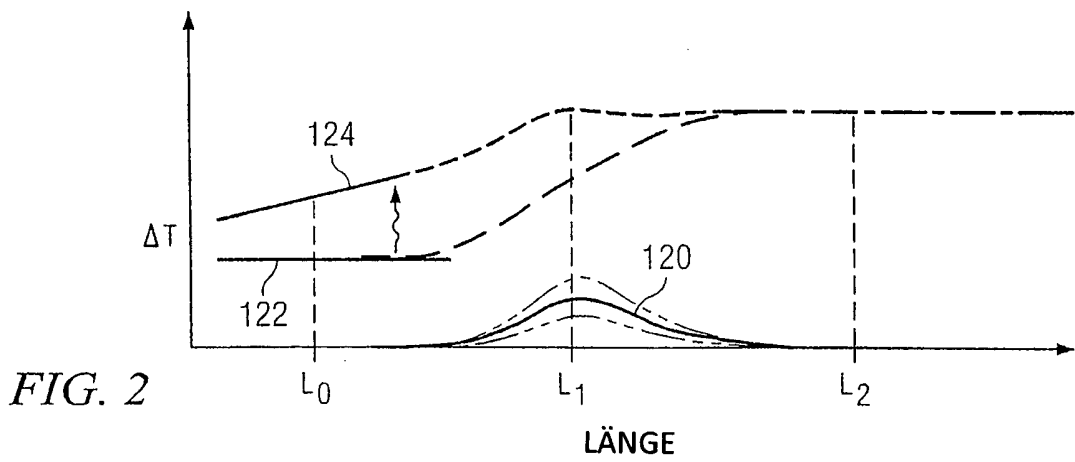
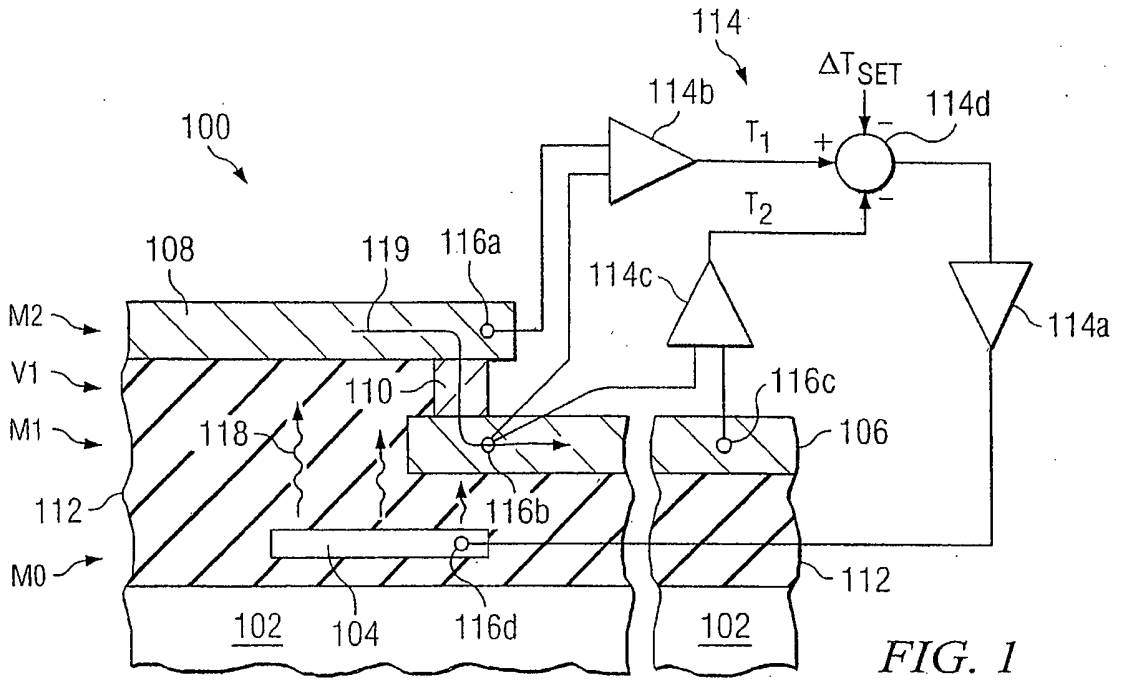
wobei das Bestimmen des zweiten Betrags von TCR ein Verwenden von Gl. 6 umfasst:

$$TCR_{td} = (R_{td}(T_{td}) - R_{td}(T_0)) / (R_{td}(T_0) \cdot (T_{td} - T_0)) \quad \text{Gl. 6;}$$

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

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



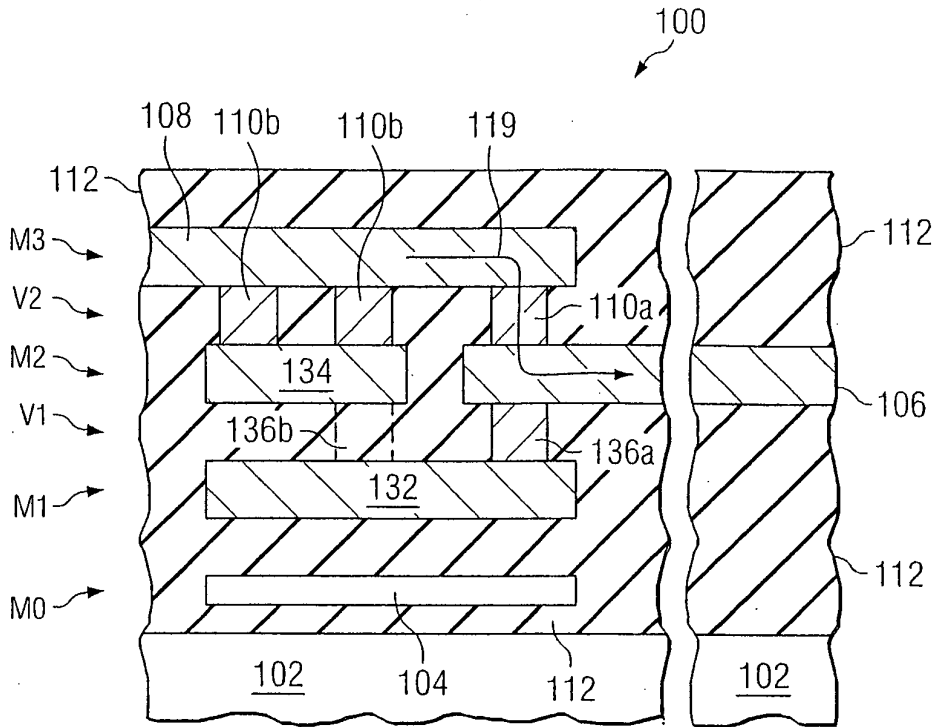


FIG. 7

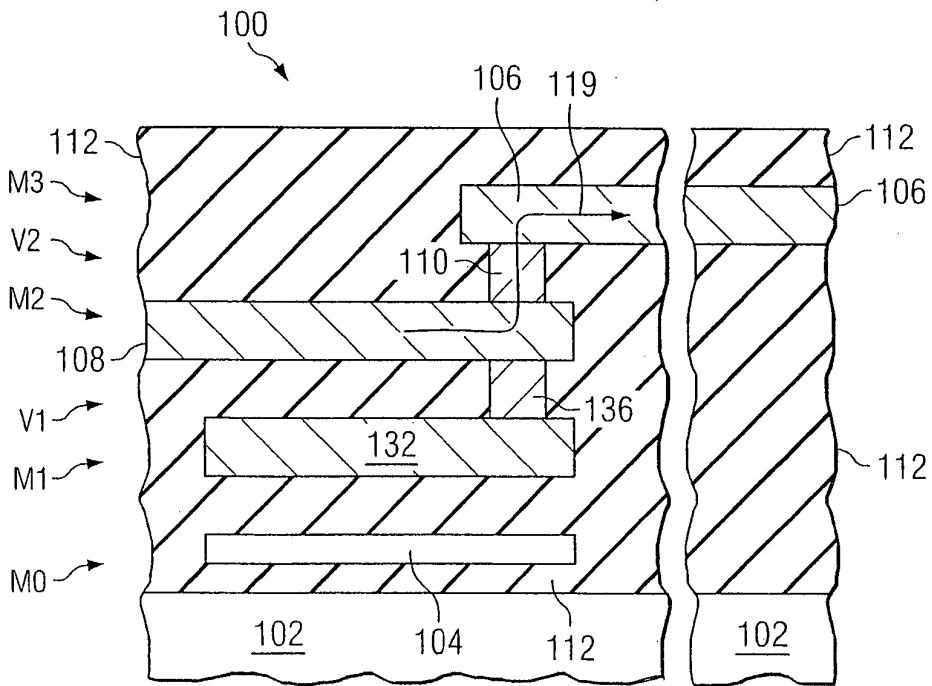


FIG. 8

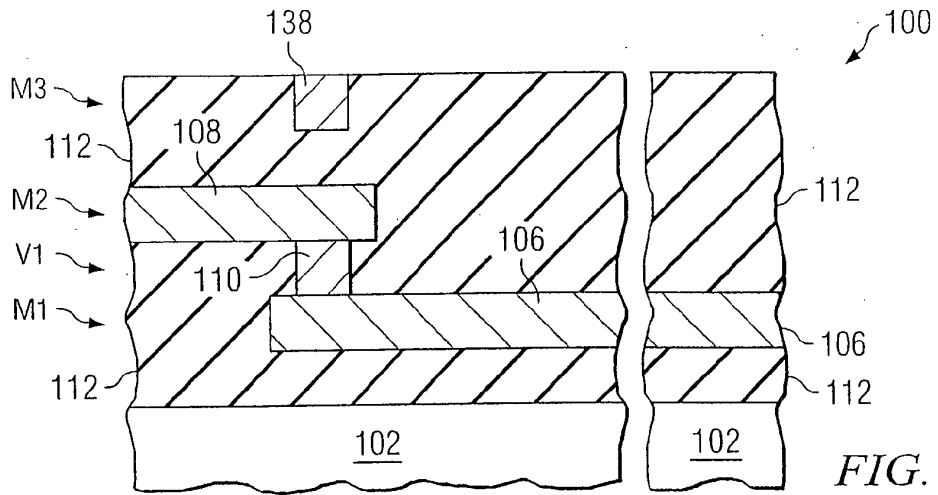


FIG. 9

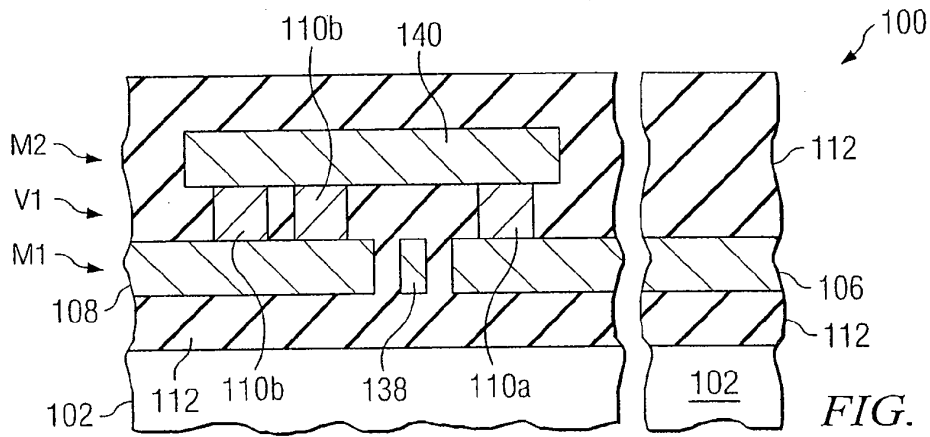


FIG. 10

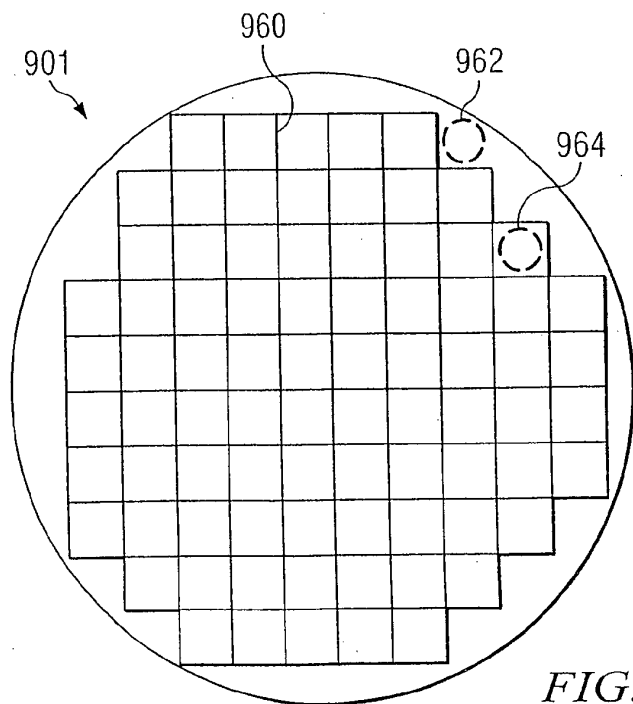


FIG. 18

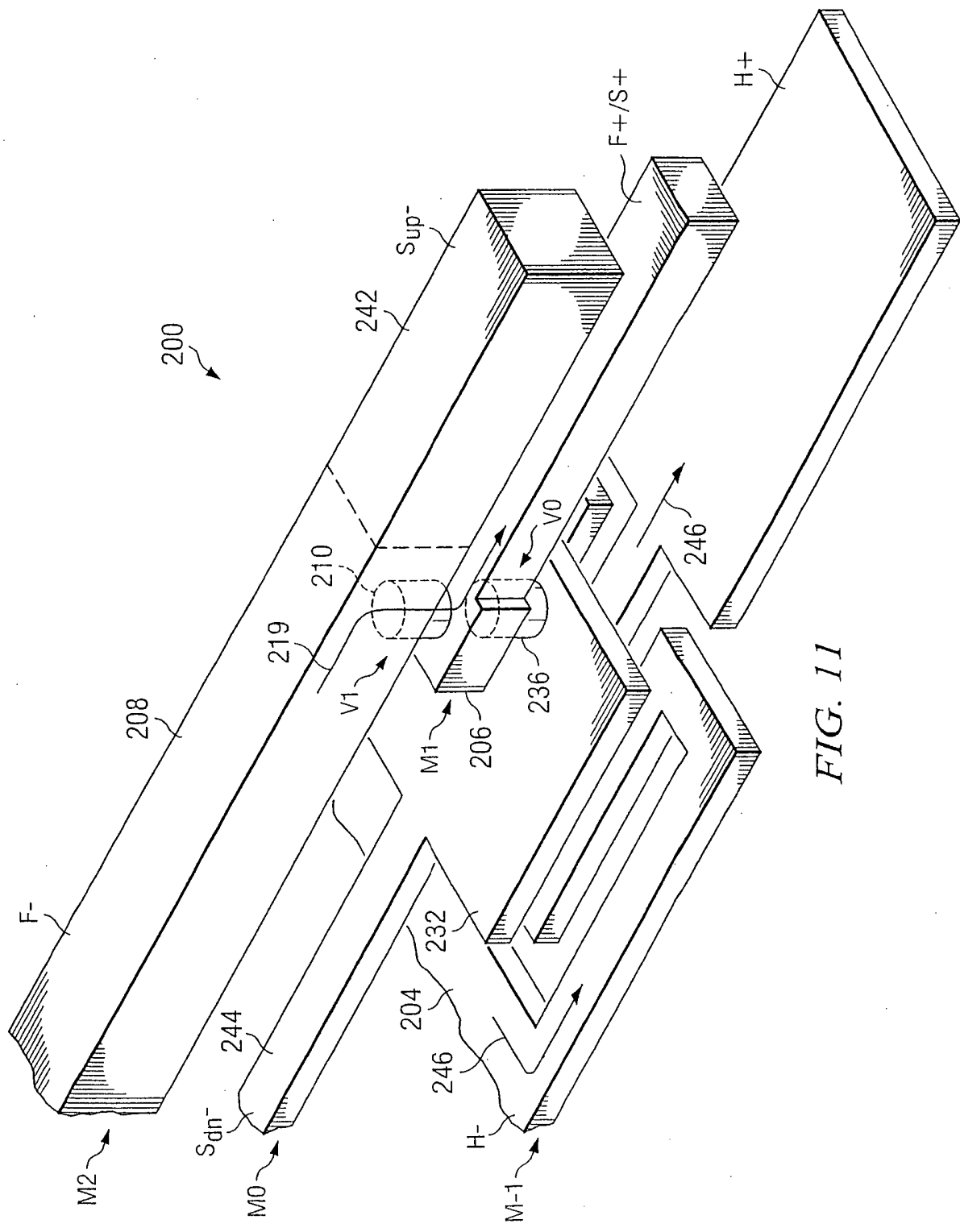


FIG. 11

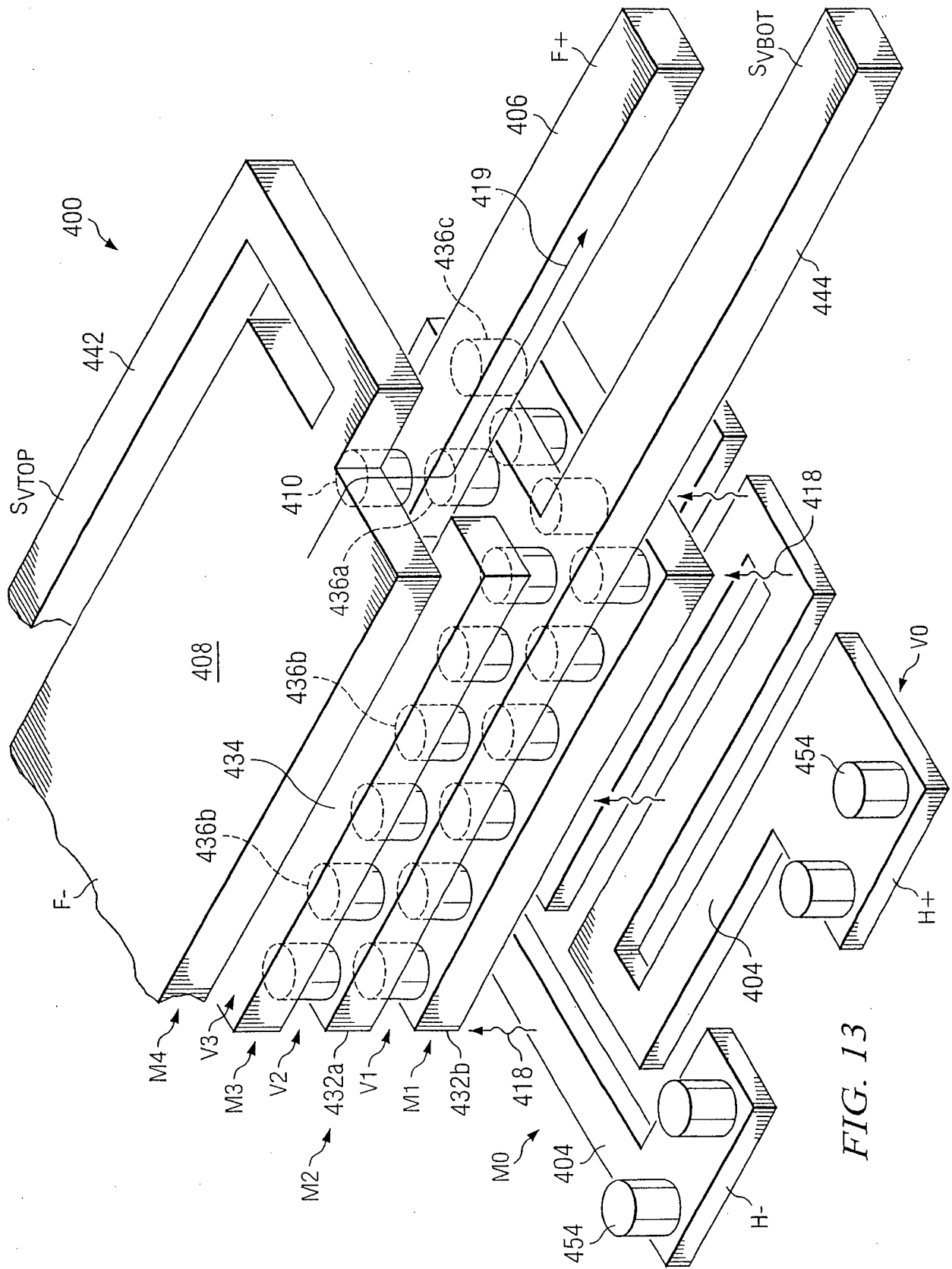


FIG. 13

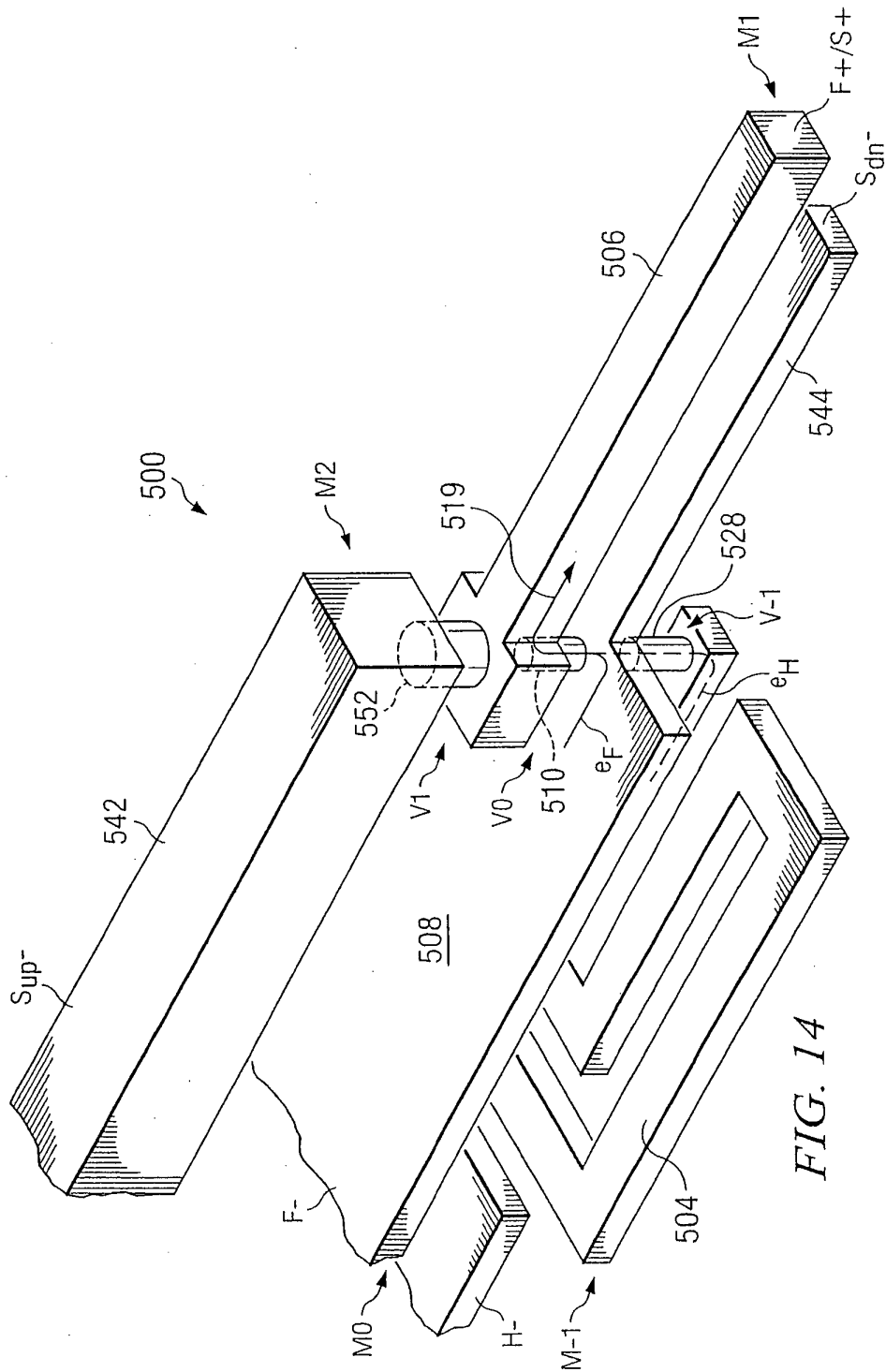


FIG. 14

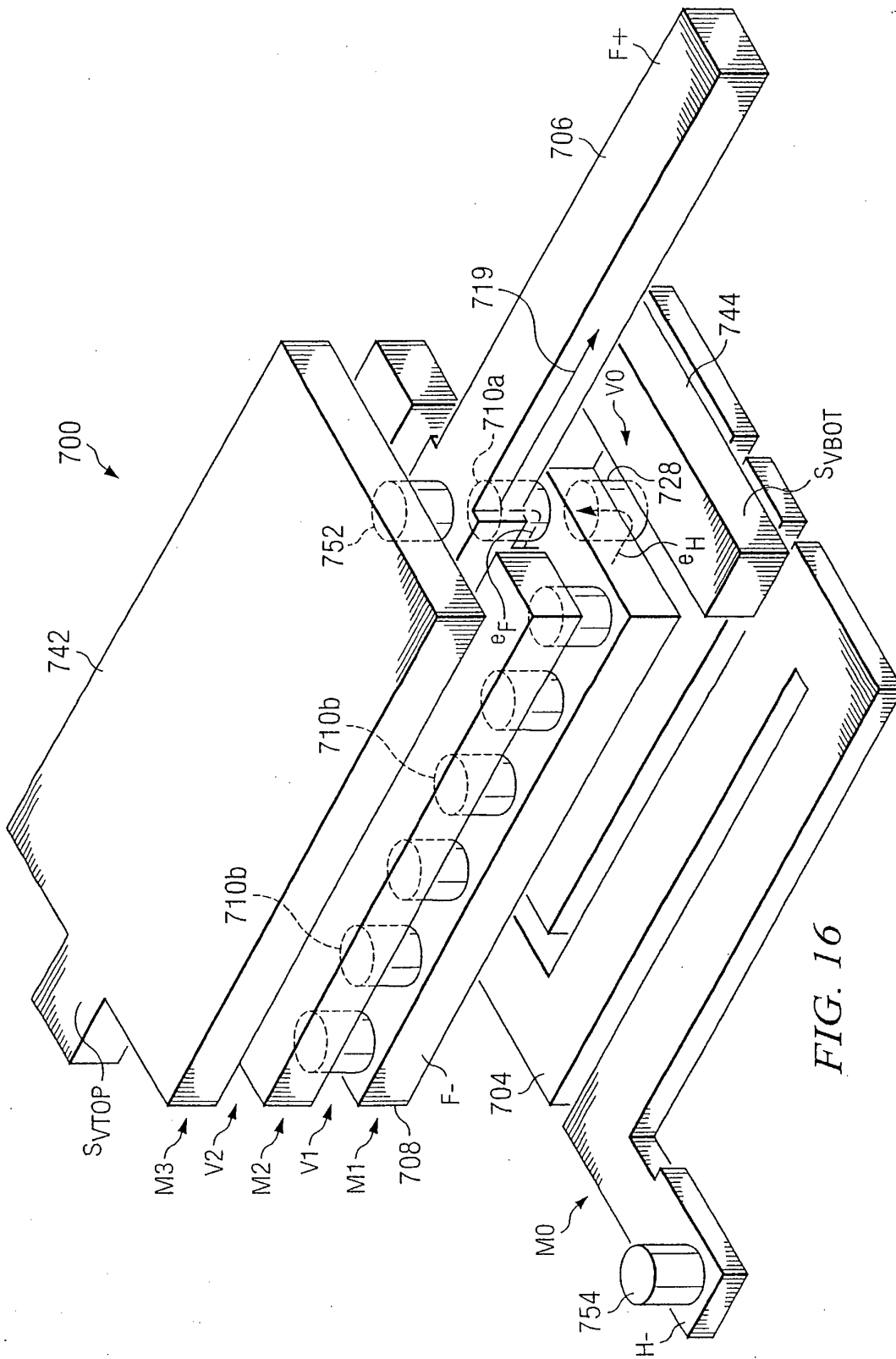


FIG. 16

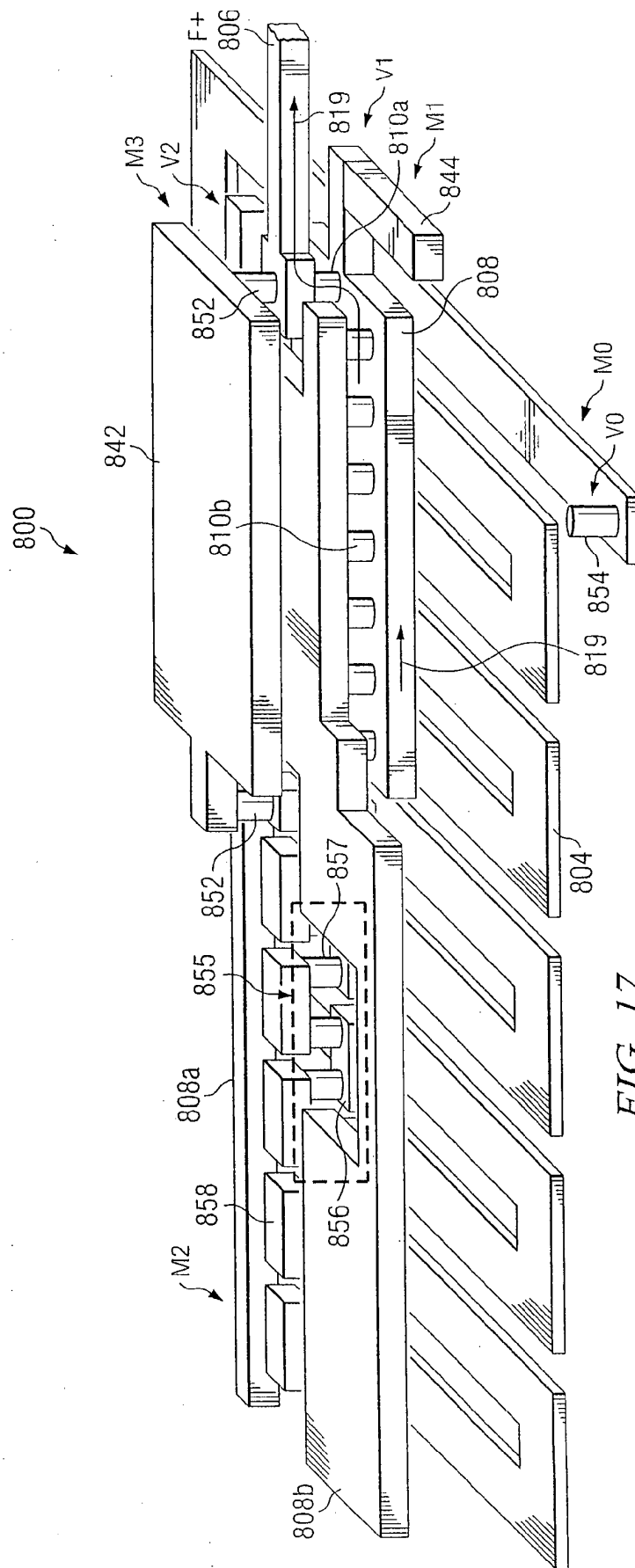


FIG. 17