(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 26 076 T2** 2009.06.25

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 461 628 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 26 076.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/41382**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 797 492.2**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/058264**
(86) PCT-Anmeldetag: **23.12.2002**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **17.07.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.09.2004**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **25.06.2009**

(51) Int Cl.[8]: ***G01R 31/316*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

26471	**27.12.2001**	**US**
26469	**27.12.2001**	**US**

(73) Patentinhaber:
Formfactor, Inc., Livermore, Calif., US

(74) Vertreter:
Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:
MILLER, Charles A., Fremont, CA 94539, US

(54) Bezeichnung: **KÜHLUNGSEINRICHTUNG MIT DIREKTER KÜHLUNG VON AKTIVEN ELEKTRONISCHEN KOMPONENTEN**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Herstellung und das Testen von Halbleitern und auf Elektronikgehäuse.

Stand der Technik

[0002] Einzelne Halbleiter-(integrierte Schaltkreis-)Einrichtungen (Chips) werden typischerweise durch Erzeugen mehrerer identischer Chips auf einem Halbleiterwafer unter Verwendung bekannter Techniken der Photolithographie, der Abscheidung und dergleichen produziert. Im Allgemeinen sind diese Prozesse darauf gerichtet, eine Vielzahl von voll funktionsfähigen integrierten Schaltungseinrichtungen zu erzeugen, bevor die einzelnen Chips vom Halbleiterwafer vereinzelt (abgetrennt) werden. In der Praxis führen jedoch unweigerlich bestimmte physikalische Defekte im Wafer selbst und bestimmte Defekte bei der Verarbeitung des Wafers dazu, dass einige der Chips "gut" (voll funktionsfähig) und einige dieser Chips "schlecht" (teilweise funktionsfähig oder nicht funktionsfähig) sind. Es ist im Allgemeinen wünschenswert im Stande zu sein, festzustellen, welche der Vielzahl der Chips auf einem Wafer gute Chips sind bevor sie verpackt werden, und vorzugsweise bevor sie vom Wafer vereinzelt werden.

[0003] Zu diesem Zweck kann ein Wafer-Testsystem vorteilhaft dazu verwendet werden, eine Vielzahl diskreter Druckverbindungen zu einer gleichen Vielzahl diskreter Verbindungsstellen (Bond- oder Kontaktstellen) auf den Chips herzustellen. Auf diese Weise können die Halbleiter-Chips getestet und betrieben werden bevor die Chips vom Wafer vereinzelt werden. Eine herkömmliche Komponente eines Wafer-Testsystems ist eine "Prüfkarteneinrichtung" (auch "Prüfkarte" genannt), welche eine Anzahl von Komponenten einschließen kann, die elektrische Signale zwischen Testgerät-Verarbeitungsschaltungen und Prüfelementen koppeln. Prüfelemente haben Spitzen, die Druckverbindungen auf entsprechende Kontaktstellen der Halbleiterwafer-Chips während des Testens und Einbrennens ausüben.

[0004] Fig. 1 ist eine vereinfachte Darstellung eines herkömmlichen Testsystems **100**. Das Testsystem **100** schließt ein: eine Spannvorrichtung **110**, einen Wafer **120**, unter Test stehende Einrichtungen (DUTs) **125**, Prüfelemente **130**, eine Prüfkarteneinrichtung **140** und ein Testgerät **150**. Die Spannvorrichtung **110** trägt den Wafer **120**. Die Spannvorrichtung **110** ist an einen Steuermechanismus (nicht gezeigt) gekoppelt, der während des Testens die DUTs **125** in Bezug auf die Prüfelemente **130** positioniert. Der Wafer **120** schließt eine oder mehrere DUTs **125** ein. Zum Beispiel können DUTs **125** eine Anzahl von auf einem Wafer **120** hergestellter Halbleiter-Chips sein, die bei einem Herstellungsprozess einen Testvorgang durchlaufen.

[0005] Die Prüfkartenanordnung **140** ist zwischen dem Wafer **120** und dem Testgerät **150** positioniert. Die Prüfkarteneinrichtung **140** ist zuständig für das Koppeln von Signalen zwischen den Prüfelementen **130** und dem Testgerät **150**. Während des Testens kontaktieren Prüfspitzen **135** auf den Prüfelementen **130** jede DUT **125** an Kontaktstellen **126**, die an vorbestimmten Stellen positioniert sind. Das Testgerät **150** führt anschließend eine beliebige Anzahl herkömmlicher Testroutinen durch.

[0006] Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Prüfkarteneinrichtung **140** detaillierter. Die Prüfkarteneinrichtung **140** schließt einen Abstandswandler **210**, ein Zwischenelement **220** und eine Leiterplatte (PCB) **230** ein. Verbindungselemente **215** verbinden den Abstandswandler **210** und das Zwischenelement **220**. Verbindungselemente **225** verbinden das Zwischenelement **220** und die Leiterplatte **230**. Beachte, dass aus Klarheitsgründen nur zwei Verbindungselemente **215** und zwei Verbindungselemente **225** gezeigt sind, es können jedoch viele solcher Verbindungselemente **215**, **225** verwendet werden. Elektrische Signale an den Prüfelementen **130** werden durch den Abstandswandler **210** zu den Verbindungselementen **215**, zum Zwischenelement **220**, zu den Verbindungselementen **225** und schließlich zur PCB **230** übertragen. Die PCB **230** koppelt dann an das Testgerät **150**, wie in Fig. 1 gezeigt. Gleichermaßen schließen elektrische Signale Test-Befehle und Test-Signalmuster ein, die vom Testgerät **150** ausgegeben werden und die die PCB **230**, die Verbindungselemente **225**, das Zwischenelement **220**, die Verbindungselemente **215**, den Abstandswandler **210** und schließlich die Prüfelemente **130** durchlaufen.

[0007] Da die Anzahl der parallel getesteten DUTs **125** ansteigt und die Anzahl und der Abstand der Kontaktstellen **126** auf jeder DUT **125** ansteigt, steigt die Anzahl der Prüfelemente **130** und ihre Dichte an. Der Abstandswandler **210** dient als Schnittstelle zwischen der relativ dichten Anordnung von Prüfelementen **130** und der größeren und weniger dichten Geometrie der Leiterplatte **230**. Insbesondere verbindet der Abstandswandler **210** die Prüfelemente **130** und die Verbindungselemente **215**. Der Abstandswandler **210** schließt hauptsächlich passive Schaltkreiselemente ein, wie Drähte oder andere elektrische Leitungen, um Signale von den Prüfelementen **130** an eine größere räumliche Geometrie der Verbindungselemente **215** zu koppeln. Kondensatoren werden auch manchmal im Abstandswandler **210** verwendet, um dort hindurch laufende elektrische Signale weiter

aufzubereiten. Einfache, elektronische Komponenten mit geringer Leistung, wie Relais, werden manchmal verwendet, um eine getrennte Steuerung des An- und Abschaltens von Testvorgängen an einzelnen DUTs **125** zu ermöglichen.

[0008] Das Zwischenelement **220** koppelt Signale, die zwischen den Verbindungselementen **215** und **225** laufen. Das Zwischenelement **220** ist optional und wird verwendet, um eine Ausrichtung weiter beizubehalten, wenn die Position des Abstandswandlers **210** in einer "z" Richtung senkrecht zur Fläche eines Wafers (z. B. Wafer **120**) angepasst wird. Die PCB **230** koppelt Signale zwischen den Verbindungselementen **225** und dem Testgerät **150**. Die PCB **230** kann jede Art von elektronischer Schaltung einschließen, die ein Testen unterstützt. Zum Beispiel schließt eine PCB **230** oft eine Schnittstelleneinheit ein, um Signale an und von einem Anschluss des Testgeräts **150** zu koppeln. Die PCB **230** kann auch Schaltungen einschließen, um gesendete Signale in einem Testmuster vom Testgerät **150** für eine bestimmte Anzahl von erwarteten, unter Test stehenden Einrichtungen bei einem vorgegebenen Prozess in solche für die tatsächliche Anzahl von unter Test stehenden Einrichtungen zu konvertieren. Auf diese Weise, falls das Testgerät **150** so konfiguriert ist, ein Testmuster auf 64 Kanälen für **64** DUTs zu senden und nur **32** DUTs bei einem bestimmten Prozess vorhanden sind, kann die PCB **230** Verarbeitungsschaltungen einschließen, um das Testmuster auf den passenden **32** Kanälen auszugeben. Es ist zu beachten, dass die Prüfkarteneinrichtung **140** der Erläuterung dient. Im Allgemeinen gibt es verschiedene Arten von Prüfkarteneinrichtungen mit verschiedenen Komponenten und Konfigurationen. Beispielsweise schließen einige Prüfkarteneinrichtungen kein Zwischenelement ein und einige Prüfkarteneinrichtungen schließen vielleicht keine Leiterplatte ein.

[0009] Ein Ziel beim Entwerfen einer Prüfkarteneinrichtung **140** ist es, gleichförmige Ausgangssignale für das Testgerät **150** vorzusehen. Mehrere Faktoren erhöhen die an die Prüfkarteneinrichtung **140** gerichteten Anforderungen. Zum Ersten steigen die Eingabe-/Ausgabe-(I/O) Geschwindigkeiten weiter an. Entsprechend steigt die Taktrate am Testgerät **150** vom Megahertz-Bereich bis sogar in den Gigahertz-Bereich weiter an. Zum Zweiten steigt die Anzahl und Dichte von Prüfelementen **130** mit der steigenden Anzahl von Anschlussdrähten (auch Kontaktstellen genannt) auf den DUTs **125** weiter an. Weiterhin verringert sich die Kontaktstellen- und Abstands-Größen der DUTs **125** weiter, wodurch sich die Dichte der kontaktierenden Prüfelemente **130** erhöht. Diese Anforderungen an die Prüfkarteneinrichtung **140** machen es schwieriger, gleichförmige Ausgangssignale vorzusehen. Probleme wie Pin-zu-Pin-Zeitversatz, Unterschiede in der Anstiegszeit und andere Störeffekte können auftreten, wenn elektrische Signale die Prüfkarteneinrichtung **140** während des Testens durchlaufen. Solche Probleme werden verstärkt, wenn elektrische Signale über einen ausgedehnten Weg zwischen den Prüfelementen **130** und dem Testgerät **150** laufen müssen.

[0010] Ein Ansatz, die steigenden Anforderungen an die Prüfkarteneinrichtung **140** handzuhaben, ist, zusätzliche Hardware in die Prüfkarteneinrichtung **140** aufzunehmen, um die Testfunktionalität auszuführen. Zum Beispiel können aktive elektronische Komponenten auf der Leiterplatte **230** befestigt sein. Diese aktiven elektronischen Komponenten können bestimmte Test-Funktionalitäten ausführen. Auf diese Weise ist die Länge des elektrischen Signalweges reduziert, da bestimmte elektrische Signale nur von den Prüfelementen **130** zur PCB **230** laufen müssen, bevor sie verarbeitet werden. Jedoch kann diese Lösung von einigermaßen begrenzten Nutzen sein, da die elektrischen Wege zwischen den Prüfelementen **130** und der PCB **230** immer noch zu groß sein können, um Störeffekte ausreichend zu reduzieren. Entsprechend ist es wünschenswert, aktive elektronische Komponenten, die die Testfunktionalität unterstützen können, sogar noch näher an den Prüfelementen **130** zu positionieren. Das Verschieben aktiver elektronischer Komponenten in die Nähe von Prüfelementen **130** resultiert jedoch in Designproblemen, denen vormals bei Prüfkarteneinrichtungen nicht begegnet wurde. Insbesondere würde die dichte Packungsanordnung von Prüfelementen **130** erfordern, dass die aktiven elektronischen Komponenten ebenfalls dicht gepackt werden. Unter anderem führt dies zu einem Erwärmungsproblem, die zuvor bei Prüfkarteneinrichtungen nicht auftraten.

[0011] Erwärmungsprobleme wurden in Bezug auf Wafer erkannt. Verschiedene Testsysteme sehen Kühlmechanismen für Wafer vor. Die Kühlmechanismen sind vorgesehen, um sowohl die Temperatur zu kontrollieren als auch eine gleichmäßige Erwärmung über einem Wafer beizubehalten. Beispielsweise muss bei bestimmten Test- und Einbrenn-Anwendungen eine bestimmte Temperaturbedingung beibehalten werden. Siehe auch U.S. Patent Nr. 5,198,752 veröffentlich für Miyata et al. und U.S. Patent Nr. 6,140,616 veröffentlicht für Andberg.

[0012] Wenn die DUTs **125** einmal gestestet sind, werden sie in Chips vereinzelt. Ein Elektronikgehäuse kann einen oder mehrere solcher Chips aufnehmen, jedoch erzeugen aktive elektronische Komponenten auf einem Chip während des Betriebes Wärme. Solche Wärme muss von einem Gehäuse entfernt werden, um ein Überheizen und verringerte Leistung zu vermeiden. Der Bedarf nach thermischem Management wird größer, da die Anzahl der Chips steigt, die in einem einzelnen Gehäuse aufgenommen werden sollen, und die Betriebslast jedes Chips steigt. Beispielsweise ist das thermische Ma-

nagement ein bedeutendes Anliegen für Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte, die eine Vielzahl von Chips auf einem relative kleinen Bereich einschließen. Des Weiteren wird von Chips durchgehend erwartet, dass sie eine größere Anzahl aktiver elektronischer Komponenten, wie Transistoren, einschließen, und dass sie bei immer höheren Taktraten und Eingabe-/Ausgabe-(VO)Geschwindigkeiten arbeiten. Der Bedarf Wärme abzuleiten ist sogar noch wichtiger bei Gehäusen mit hoher Besetzungsdichte, mit Chips, die erhebliche Prozessoperationen bei hohen Taktraten ausführen.

[0013] Zwei herkömmliche, von IBM Corp. und NEC Corp. entwickelte Ansätze betreffen das Problem der Wärmeableitung auf einer Gehäuse-Ebenen-Basis bei Hochleistungscomputern. Der Ansatz von IBM verwendet ein thermisches Leitungsmodul (TCM), um ein Flip-Chip Multichip-Modul (MCM) mit hoher Besetzungsdichte zu kühlen. Dieser Ansatz ist jedoch auf rückseitiges Kühlen beschränkt. Aktive Flächen von nur Flip-Chip gebondeten Chips liegen einem Substrat gegenüber und werden nicht direkt gekühlt. Ungleichmäßige thermische Gradienten und Überhitzungspunkte können immer noch auf aktiven Chip-Flächen auftreten. Der Ansatz von NEC sieht Flüssigkeits-Kühlungsmodule (LCMs) vor. Diese LCMs kontaktieren jedoch nur das Äußere eines gesamten Gehäuses. Auch in diesem Fall kühlt das Kühlen des Gehäuseäußeren Flächen von Flip-Chip gebondeten Chips in einem Gehäuse nicht direkt. Ungleichmäßige thermische Gradienten und Überhitzungspunkte können immer noch auf den Chips auftreten. Siehe z. B. Advanced Electronic Packaging with Emphasis an Multichip Modules, herausgegeben von W. Brown, Kapitel 13, "Mainframe Packaging: The Thermal Conduction Module", veröffentlicht von I. E. E. E. Press, Piscataway, NJ, 1999, S. 492–565. Ein effektiveres Kühlen von aktiven elektronischen Komponenten innerhalb eines Elektronikgehäuses wird benötigt.

[0014] US 5,834,946 offenbart einen integrierten Prüfkopf, bei dem eine Vielzahl von Leiterplatten auf einer Prüfkarte angeordnet sind. Ein Kühlmedium wird unter Verwendung von Gebläsen in einen Hohlraum strömen lassen, welche die umgebende Luft in den Hohlraum ziehen und sie zu den Leiterplatten leiten. Das Kühlmedium verlässt den Hohlraum durch einen ringförmigen Spalt am Boden des Hohlraums. Wärmesenken sind in Form von Rippen auf der Leiterplatte angeordnet, um während Schaltungstests den Wärmeaustausch mit der kühlenden Luft zu verbessern.

[0015] Bei der US 4,820,976 ist ein Wafer, der eine Vielzahl von Chips aufweist, auf der Oberseite eines Trägertisches angeordnet. Kontakte sind für Testzwecke an der Oberfläche der Chips an den einzelnen elektronischen Komponenten vorgesehen. Dem Wafer gegenüberliegend, ist ein Gehäuse mit einem Hohlraum platziert. Der Boden des Hohlraums ist durch eine flexible Membran ausgebildet, auf der Prüfelemente in einer Struktur angeordnet sind, die der Kontaktstruktur einer der Chips auf dem Wafer entspricht. Eine Kühlflüssigkeit wird durch den Hohlraum gespült, die dabei die flexible Membran von der Rückseite her kühlt. Um den elektrischen Kontakt zwischen den Prüfelementen und den Kontakten zu verbessern, sind eine Vielzahl von Vibratoren (Piezo-Wandler) auf der Innenwand der flexiblen Membran angeordnet.

[0016] Die EP 0 709 884 A2 schlägt eine mikroelektronische Einrichtung mit einem Gehäuse mit einer inneren Führung zum Durchleiten von Kühlflüssigkeit vor. Innerhalb des Gehäuses ist ein Hohlraum an beiden Enden mit Fluid-Kanälen verbunden, um das Kühlmittel dort hindurch fließen zu lassen. Ein Chip ist im Hohlraum auf einem unteren Substrat angeordnet und Kontaktstellen auf dem Chip sind über Drahtbonds mit entsprechenden Kontaktstellen auf einem Anschlussrahmen verbunden. Der Anschlussrahmen ist zwischen einem Abdeckungsabschnitt und dem Boden des Gehäuses angeordnet.

[0017] US 5,021,924 offenbart eine Halbleiter-Kühlungseinrichtung, bei der eine Vielzahl von Chips auf einer unteren Platte angeordnet ist. Eine Abdeckung und die unter Platte sind miteinander abgedicht und bilden einen Hohlraum zum Aufnehmen der Chips.

[0018] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Kühlungseinrichtung und eine Prüfkarteneinrichtung mit einer solchen Kühlungseinrichtung vorzusehen, die ein leichtes Einkapseln von zumindest einem Chip zum verlässlichen Kühlen des unter Test stehenden oder betriebenen Chips in dem eingekapselten Hohlraum ermöglicht.

[0019] Die Erfindung ist in Anspruch 1 festgelegt. Bevorzugte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche, insbesondere eine Prüfkarteneinrichtung mit einer Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1.

Zusammenfassung der Erfindung

[0020] Die vorliegende Erfindung sieht eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung und ein gekühltes Halbleitergehäuse vor. Die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung oder das Gehäuse schließt ein Kühlungssystem, ein Kühlmittel-Zirkulationssystem und ein gekühltes Gehäuse ein. Das gekühlte Gehäuse schließt einen oder mehrere Chips ein. Jeder Chip ist direkt auf einer oder mehreren Seiten durch ein Kühlmittel gekühlt, das innerhalb des gekühlten Gehäuses vorhanden ist. Auf diese Weise wird Wärme, die durch aktive elektronische Komponenten auf einer oder mehreren Flächen eines Chips erzeugt wird, von den

aktiven elektronischen Komponenten weggeleitet. Solches direktes Kühlen von Chipflächen bei einer Prüfkarteneinrichtung oder einem Gehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung minimiert Temperaturschwankungen in jedem Chip und verringert eine Schwankung elektrischer Parameter; demzufolge ist die Gleichförmigkeit von Ausgangstestsignal-Merkmalen wie die Anstiegszeit und der Pin-zu-Pin-Zeitversatz verbessert. Überhitzungspunkte auf einer Chipfläche sind verringert oder beseitigt, wodurch ein Erhöhen des Betriebstemperatur-Bereichs eines Chips ermöglicht wird.

[0021] Bei einer Ausgestaltung schließt das gekühlte Gehäuse eine Hülle ein, die einen Hohlraum umschließt. Die Hülle hat zumindest eine Kühlmittelöffnung, die ermöglicht, dass ein Kühlmittel innerhalb des Hohlraumes zirkuliert. Jeder Chip ist auf einem Substrat befestigt, innerhalb eines umschlossenen und abgedichten Hohlraumes in welchem Kühlmittel zirkuliert wird. Bei einem Beispiel ist ein Chip innerhalb des Hohlraums der Hülle befestigt. Bei einem anderen Beispiel sind eine Vielzahl von Chips innerhalb des Hohlraums der Hülle befestigt. Bei einem anderen Beispiel ist ein gekühltes Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte vorgesehen, in welchem eine Matrix dicht gepackter Chips innerhalb des Hohlraums der Hülle angeordnet sind. Ein gekühltes Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte ist bei einer Prüfkarteneinrichtung für einige Ausgestaltungen weiter vorteilhaft, da zusätzliche elektronische Komponenten, die Testoperationen unterstützen, kompakt an oder nahe an Prüfelementen positioniert werden können. Bei einem bevorzugten Beispiel schließt ein gekühltes Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte eine Matrix von dicht gepackten Chips ein, die derart befestigt sind, dass die Chipflächen mit aktiven elektronischen Komponenten einem Substrat innerhalb des Hohlraums der Hülle zugewandt sind.

[0022] Bei einem Beispiel schließt eine Hülle eines gekühlten Gehäuses ein oberes und ein unteres Substrat ein, die mittels einer Dichtung verbunden sind. Ein Kühlungssystem ist mit einem Kühlmittel-Zirkulationssystem verbunden, um flüssiges und/oder gasförmiges Kühlmittel in und aus einem oder mehreren Kühlmittelöffnungen in der Hülle vorzusehen. Bei einer Anordnung schließt die Hülle zwei Kühlmittelöffnungen ein. Beispielsweise können zwei Öffnungen wie Einweg-Strömungsventile in einer O-Ring Dichtung vorgesehen sein, die das obere und das untere Substrat verbindet. Eine Öffnung führt Kühlmittel in den Hohlraum und die andere Öffnung führt Kühlmittel aus dem Hohlraum. Auf diese Weise wird Wärme direkt von den aktiven Flächen des Chips weggeleitet.

[0023] Gemäß der vorliegenden Erfindung schließen ein oder mehrere Chips nachgiebige Verbindungen ein, die an zumindest ein Substrat gekoppelt sind. Solche nachgiebige Verbindungen ermöglichen, dass das Kühlmittel um alle Flächen der Chips innerhalb des Hohlraumes zirkuliert, während ein wirksamer struktureller und elektrischer Kontakt zwischen jedem Chip und dem Substrat beibehalten wird. Bei bevorzugten Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind die nachgiebigen Verbindungen Federkontakte, die einen Chip mit einem unteren Substrat verbinden. Chips können an die Federkontakten angelötet sein oder durch Reibungskontakt mit Hilfe von Ausrichtungspfosten in einer Sockel-Konfiguration gehalten werden. Die Federkontakte sehen einen flexiblen, federnden Abstand vor, der es erlaubt, dass flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel zwischen dem Substrat und einer oder mehreren Seiten jedes Chips durchströmen kann, einschließlich eines direkten Kontakts mit der aktiven Fläche des Chips, um sogar für Hochleistungsanwendungen ein gleichförmiges Kühlen vorzusehen. Solche Federkontakte ermöglichen Kühlmittelzirkulation und Wärmeableitung von aktiven Chipflächen, sogar bei Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung, die einen oder mehrere Chips verwenden, die innerhalb des Hohlraumes einer Hülle einem Substrat zugewandt befestigt sind.

[0024] Gemäß einem weiteren Merkmal sind auch nicht-kontaktierende, nachgiebige Verbindungen auf einer Chipfläche vorgesehen. Eine nicht-kontaktierende, nachgiebige Verbindung kann jede Art von nachgiebiger Verbindung sein, wie eine Feder. Diese nicht-kontaktierenden, nachgiebigen Verbindungen kontaktieren das Substrat nicht, sondern dienen dazu, die Wärme von den Bereichen der Chipfläche wegzuleiten. Dies verbessert weiter das Kühlen von Chip(s) bei einem gekühlten Gehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0025] Bei einer Ausgestaltung schließt ein gekühltes Gehäuse einen oder mehrere Chips ein, die in einer gestapelten Chipanordnung befestigt sind. Bei dieser Anordnung sind ein oder mehrere Chips an ein oberes Substrat Flip-Chip-gebondet. Das obere Substrat wird dann mit nachgiebigen Verbindungen mit einem unteren Substrat verbunden.

[0026] Bei einer Ausgestaltung eines gekühlten Gehäuses gemäß der vorliegenden Erfindung werden elektrische Verbindungen hergestellt zwischen einem oder mehreren Chips und externen Komponenten durch Ausgangskontakte an einem Randbereich des unteren Substrates. Bei einer anderen Ausgestaltung werden elektrische Verbindungen zwischen einem oder mehreren Chips und äußeren Komponenten durch Ausgangskontakte an einem oberen Substrat hergestellt. Gemäß einem weiteren Merkmal können zusätzliche elektrische Verbindungen durch ein gekühltes Gehäuse direkt zwischen dem oberen und dem unteren Substrat laufen.

[0027] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung zur Verwendung bei einem Testsystem einschließen kann, das ein direkt gekühltes Gehäuse an oder nahe bei Prüfelementen positioniert. Ein oder mehrere Chips können dann Hochleistungsanwendungen wie Test-Operationen an oder in der Nähe von Prüfelementen ausführen. Zusätzliche aktive elektronische Komponenten können in einem oder mehreren Chips an oder in der Nähe von Prüfelementen eingeschlossen sein, ohne dass ein Überhitzungszustand erreicht wird, der die Testsignalqualität auf ein unzumutbares Level verringert. Ein Platzieren der aktiven elektronischen Komponenten eher an oder in der Nähe der Prüfelemente, als bei einem weiter beabstandeten Testgerät, reduziert ebenso den Leitungsweg von Signalen und steigert die Leistung weiter. Bei einer Ausgestaltung ist eine Routine zum Positionieren aktiver elektronischer Testkomponenten in der Nähe von Prüfelementen vorgesehen. Diese Routine schließt ein: Abdichten aktiver Komponenten in einem Gehäuse, Verbinden des Gehäuses mit Prüfelementen und Zirkulieren von Kühlmittel durch das Gehäuse während des Betriebes der aktiven Komponenten während des Testvorgangs.

[0028] Ein zusätzlicher Vorteil einer Prüfkarten-Kühlungseinrichtung mit direktem Kühlen gemäß der vorliegenden Erfindung ist, dass sie für Wartung und Reparatur einfach zu zerlegen ist. Ein weiterer Vorteil der Prüfkarten-Kühlungseinrichtung mit direktem Kühlen gemäß der vorliegenden Erfindung ist, dass sie kostengünstig zu montieren ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass bei bestimmten Ausgestaltungen elektrische Verbindungen sowohl zum Oberteil als auch zum Boden des Gehäuses gemacht werden können.

[0029] Weiter schließt bei einer anderen Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung oder ein Gehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung ein Kühlungselement und ein gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Wärmeradiatoren, wie Kühlungsrippen, ein. Das gekühlte Gehäuse schließt eine Hülle ein, die einen Hohlraum umschließt. Ein Kühlmittel füllt den Hohlraum. Ein oder mehrere Chips sind auf einem Substrat innerhalb des Hohlraumes befestigt und werden durch das umgebende Kühlmittel direkt gekühlt. Bei dieser Ausgestaltung wird jedoch Wärme vom Kühlmittel durch einen oder mehrere Wärmeradiatoren zum Kühlungselement abgeleitet.

[0030] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung sowie die Struktur und der Betrieb von verschiedenen Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen im Detail beschrieben.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0031] Die beigefügten Zeichnungen, welche hierin eingeschlossen sind und Teil der Unterlagen sind, stellen die vorliegende Erfindung dar und dienen zusammen mit der Beschreibung weiter dazu, die Prinzipien der Erfindung zu erklären und es einem Fachmann im einschlägigen Fachgebiet zu ermöglichen, die Erfindung auszuführen und zu verwenden. In den beigefügten Zeichnungen ist:

[0032] Fig. 1 eine Seitenansicht bestimmter Komponenten, die bei einem herkömmlichen Testsystem, das eine Prüfkarte und einen Wafer einschließt, verwendet werden.

[0033] Fig. 2 eine Seitenansicht einer herkömmlichen Prüfkarteneinrichtung, die bei dem Testsystem von Fig. 1 verwendet wird.

[0034] Fig. 3A eine Seitenansicht einer Prüfkarteneinrichtung, die eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung einschließt.

[0035] Fig. 3B eine Darstellung einer Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

[0036] Fig. 3C ein beispielhafter Ausdruck, der das Prinzip darstellt wie ein flüssiges Kühlmittel in einem Siedebereich während des Betriebs der in Fig. 3B gezeigten Prüfkarten-Kühlungseinrichtung im Allgemeinen eine konstante Temperatur beibehält.

[0037] Fig. 3D eine Darstellung einer Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

[0038] Fig. 4A eine Darstellung eines Gehäuses mit hoher Besetzungsdichte mit Ausgangskontakten am Rand eines Substrates gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

[0039] Fig. 4B eine Darstellung, die in einer gestapelten Chipanordnung befestigte Chips gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0040] Fig. 4C eine Darstellung, die auf einer Chipfläche vorgesehene, nichtkontaktierende nachgiebige Verbindungen gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0041] Fig. 5 eine Darstellung eines Gehäuses mit hoher Besetzungsdichte mit elektrischen Verbindungen durch einen Hüllen-Hohlraum und Ausgangskontakten auf einem oberen keramischen Substrat.

[0042] Fig. 6 eine Darstellung eines Gehäuses mit hoher Besetzungsdichte, das in einer Sockel-Konfi-

guration angebrachte Chips gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0043] Fig. 7 ein Flussdiagramm einer Routine zum Aufnehmen aktiver elektronischer Komponenten in der Nähe von Prüfelementen gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

[0044] **Fig.** 8–Fig. 11 Darstellungen von Arten von Federkontakten, die bei einem gekühlten Gehäuse gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung verwendet werden können. Fig. 8A und Fig. 8B stellen Beispiele von drahtgebondeten Federkontakten dar, die bei einem gekühlten Gehäuse verwendet werden können. Fig. 9A, Fig. 9B, Fig. 10A–Fig. 10C und Fig. 11 stellen Federkontakte dar, die eher lithographisch als durch eine Drahtbondtechnik hergestellt werden.

[0045] Fig. 12 eine Darstellung einer Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

[0046] Fig. 13 ein Flussdiagramm einer Routine zum direkten Kühlen von aktiven elektronischen Komponenten gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Inhaltsverzeichnis

1. Übersicht und Diskussion
2. Terminologie
3. Prüfkarten-Kühlungseinrichtung
4. Gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Chips
5. Gekühlte Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte
6. Routine zum Aufnehmen aktiver elektronischer Komponenten in der Nähe von Prüfelementen
7. Arten von Federkontakten
8. Zusätzliche Ausgestaltungen
9. Gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Chips
10. Schlussfolgerung

[0047] Die vorliegende Beschreibung ist für die Betriebsarten, die derzeit als die besten Betriebsarten zum Ausführen der Erfindung betrachtet werden. Diese Beschreibung soll nicht einschränkend verstanden werden, sondern ist nur zum Zweck der Beschreibung der allgemeinen Prinzipien der Erfindung gemacht. Der Geltungsbereich der Erfindung sollte in Bezug auf die Ansprüche bestimmt werden. Bei der folgenden Beschreibung der Erfindung werden gleiche Nummern oder Referenzzeichen verwendet, um sich auf gleiche Teile oder Elemente zu beziehen.

1. Übersicht und Diskussion

[0048] Die vorliegende Erfindung sieht eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung oder ein gekühltes Halbleitergehäuse vor. Die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung schließt ein gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Chips ein. Jeder Chip wird direkt an einer oder mehreren Seiten durch ein innerhalb des gekühlten Gehäuses vorliegendes Kühlmittel gekühlt. Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung werden in Bezug auf ein gekühltes Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte beschrieben. Die vorliegende Erfindung kann einschließen, ist aber nicht begrenzt auf, gekühlte Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte. Im Allgemeinen kann eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung nur einen Chip oder eine Vielzahl von Chips einschließen, die in einer beliebigen Konfiguration oder Anordnung innerhalb eines gekühlten Gehäuses angeordnet sind.

[0049] Die vorliegende Erfindung ist in Bezug auf eine Testsystemumgebung beschrieben. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung mit einem gewerblich erhältlichen Testsystem oder einem Testgerät von Teraydyne, Advantest, Electro-Glass, TSK, TEL, Agilent oder einem anderen Hersteller verwendet werden. Bezüglich dieser ist die Beschreibung nur der Zweckmäßigkeit halber vorgesehen. Es ist nicht beabsichtigt, dass die Erfindung auf Anwendungen bei diesen beispielhaften Umfeldern beschränkt ist. Tatsächlich wird es nach dem Lesen der folgenden Beschreibung für den Fachmann im Fachgebiet ersichtlich werden, wie die Erfindung in alternativen Umgebungen, die jetzt bekannt sind oder in Zukunft entwickelt werden, ausgeführt wird.

2. Terminologie

[0050] Um die vorliegende Erfindung klarer abzugrenzen, ist man bemüht, in den Unterlagen durchgehend die folgenden Begriffsdefinitionen so konsistent wie möglich zu verwenden.

[0051] Der Begriff "Chip" bezieht sich auf irgendeinen integrierten Schaltkreis, Chip, Silizium-Chip oder eine andere Halbleiter- oder elektronische Einrichtung.

[0052] Der Begriff "Verbindung" und "Verbindungselement" bezieht sich auf irgendeine elektrische Verbindung, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – eine nachgiebige Verbindung.

[0053] Der Begriff "nachgiebige Verbindung" bezieht sich auf eine nicht-starre, elektrische Verbindung, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – einen Federkontakt erhältlich von FormFactor, Inc. und den hierin beschriebenen Arten von Federkontakten.

[0054] Der Begriff "aktive elektronische Komponen-

te" bezieht sich auf jede Wärme erzeugende elektronische Komponente, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – einen Transistor, einen Schalter, einen Widerstand, ein logisches Verknüpfungsglied oder einen integrierten Schaltkreis.

[0055] Der Begriff "direktes Kühlen einer aktiven elektronischen Komponente" wie verwendet, um die vorliegende Erfindung zu beschreiben, bezieht sich auf ein Beeinflussen der Temperatur einer aktiven elektronischen Komponente mit einem Kühlmittel, das mit der aktiven elektronischen Komponente in thermischen Kontakt gesetzt wird.

3. Prüfkarten-Kühlungseinrichtung

[0056] Fig. 3A ist eine Darstellung einer Prüfkarteneinrichtung **300**, die eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **302** gemäß der vorliegenden Erfindung einschließt. Die Prüfkarteneinrichtung **300** schließt weiter Prüfelemente **305**, ein Zwischenelement **320** und eine Leiterplatte **330** ein. Die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **302** ist zwischen die Prüfelemente **305** und die elektrischen Verbindungen **315** gekoppelt. Das Zwischenelement **320** ist zwischen die elektrischen Verbindungen **315** und die elektrischen Verbindungen **325** gekoppelt. Die Leiterplatte **330** ist zwischen die elektrischen Verbindungen **325** und einen Computer (nicht gezeigt) gekoppelt. Prüfelemente **305** können einschließen, sind aber nicht begrenzt auf, Wolfram-Nadeln, vertikale Sonden, Cobra-Sonden, L-Typ-Sonden, Stempel-Sonden, Federkontakt-Sonden und Kontakt-Bump-Sonden, die auf einer Membran ausgebildet sind. Die elektrischen Verbindungen **315** und **325** können irgendeine Art von elektrischer Verbindung sein. Bei einem bevorzugten Beispiel werden nachgiebige Verbindungen verwendet. Beispielsweise können nachgiebige Verbindungen verwendet werden, wie beschrieben im gemeinsam übertragenen U.S. Patent Nr. 5,974,662, herausgegeben für Eldridge et al. (siehe beispielsweise Prüfkarteneinrichtung **500** bei Fig. 5). Das Zwischenelement **320** und die Leiterplatte **330** dienen der Darstellung und beabsichtigen nicht die vorliegende Erfindung einzuschränken. Beispielsweise kann das Zwischenelement **320** und die PCB **330** weggelassen werden und die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **302** ist direkt mit einem Computer oder einer anderen Einrichtung eines Testgerätsystems verbunden.

[0057] Die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **302** schließt einen aktiven Prüfkopf **310**, ein Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** und ein Kühlungssystem **314** ein. Der aktive Prüfkopf **310** ist ein Gehäuse, das eine oder mehrere aktive elektronische Komponenten (nicht in Fig. 3A gezeigt) einschließt. Das Gehäuse schließt eine Hülle **311** ein, die einen Hohlraum **313** umschließt. Bei Ausgestaltungen sind nur ein Chip oder eine Vielzahl von Chips innerhalb des Hohlraums **313** angeordnet. Bei anderen Ausgestaltungen ist der aktive Prüfkopf **310** ein Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte mit einer Vielzahl von Chips, die in einer kompakten Konfiguration angeordnet sind.

[0058] Beispiele von gekühlten Gehäusen mit einem oder mehreren Chips sind unten in Bezug auf Fig. 3B–Fig. 3D beschrieben. Weitere Beispiele von gekühlten Gehäusen mit hoher Besetzungsdichte, die beim aktiven Probenkopf **310** gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden, sind unten in Bezug auf **Fig.** 4–Fig. 6 beschrieben.

[0059] Die Hülle eines gekühlten Gehäuses schließt weiter Kühlmittelöffnungen **317**, **319** ein, die mit dem Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** verbunden sind. Der Kühlmittelanschluss **317** ermöglicht, dass das Kühlmittel in den Hohlraum **313** eintritt, wie durch den Richtungspfeil **316** angezeigt. Die Kühlmittelöffnung **319** ermöglicht, dass das zirkulierende Kühlmittel den Hohlraum **313** verlässt, wie durch den Richtungspfeil **318** angezeigt. Das Kühlmittel zirkuliert im Hohlraum **313** und kontaktiert direkt aktive elektronische Komponenten. Aktive elektronische Komponenten können an oder in der Nähe einer oder mehrerer Flächen eines Chips positioniert werden, so dass Wärme von den Flächen auf das Kühlmittel übertragen wird. Darüber hinaus kann bei Ausgestaltungen das Kühlmittel einen Großteil des oder den gesamten Flächenbereich an einer oder mehreren Seiten eines Chips direkt kontaktieren. Auf diese Weise werden Überhitzungspunkte verringert oder beseitigt.

[0060] Das Kühlungssystem **314** ist durch das Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** mit den Kühlmittelöffnungen **317**, **319** des aktiven Probenkopfs **310** verbunden. Das Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** kann jede Art von Rohr oder Leitung zum Leiten von Kühlmittel zu und vom aktiven Probenkopf **310** und dem Kühlungssystem **314** sein. Das Kühlungssystem **314** ist irgendeine Art eines herkömmlichen Kühlungssystems zum Zirkulieren von Kühlmittel und zum Übertragen von Wärme. Mehrere Kühlmittelöffnungen und mechanische Einrichtungen können verwendet werden, um Kühlmittel gleichmäßig innerhalb eines Hohlraums zu verteilen oder um Kühlmittel auf eine bestimmte Weise zu verteilen. Eine bidirektionale Kühlmittelöffnung kann auch verwendet werden. Bei einem Beispiel wird beim Kühlungssystem **314** ein Behälter verwendet, der flüssiges Kühlmittel aufnimmt. Pumpen werden verwendet, um Flüssigkeit zu und von dem Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** zu fördern. Eine Kältemaschinen-Spirale ist im Behälter vorgesehen, um das Kühlmittel auf eine gewünschte Temperatur zu Kühlen. Eine Heiz-Spirale kann auch zum Behälter hinzugefügt werden, falls eine weitere Steuerung der Temperatur des Kühlmittels gewünscht ist.

[0061] Das Kühlungssystem **314** kann jede Art von

flüssigem Kühlmittel und/oder gasförmigem Kühlmittel zirkulieren. Beispielhafte Arten von Kühlmittel schließen ein, sind aber nicht begrenzt auf, Ethylenglycol, flüssiger Stickstoff, Fluorkohlenwasserstoffe, FLORINERT, FREON und eine Kombination von FREON und einer nicht-gefrierenden Flüssigkeit.

[0062] Fig. 3B zeigt eine weitere Ausgestaltung einer Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **350**. Die Prüfkarten-Kühlungseinrichtung **350** schließt ein flüssiges Kühlmittel ein, das ungefähr bei der gewünschten Betriebstemperatur eines Chips siedet. Kühlmittel wird durch ein Kühlmittelzirkulationssystem **312** in einen Hohlraum innerhalb der Hülle **360** gepumpt, so dass ein oder mehrere Chips **362** im flüssigen Kühlmittel unterhalb eines Kühlmittelpegels **364** eingetaucht sind. Während Testoperationen kann jeder Chip **362** ausreichend Hitze erzeugen, um ein Mikro-Sieden nahe aktiver Flächen des Chips zu verursachen. Solches Mikro-Sieden setzt einen Teil des flüssigen Kühlmittels in Gas um. Dies stellt einen zusätzlichen Vorteil dar, da das jeden Chip **362** umgebende flüssige Kühlmittel im Allgemeinen während des Siedens eine konstante Temperatur beibehält. Dies dient auch dazu, den Betriebstemperatur-Bereich des Chips zu vergrößern. Fig. 3C ist ein beispielhafter Ausdruck, der das Prinzip darstellt, wie ein flüssiges Kühlmittel während eines Siedebereichs **370** im Allgemeinen eine konstante Temperatur beibehält. Eine Kombination von Flüssigkeit und Gas (oder nur Gas) verlässt dann die Hülle **360** und wandert durch das Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** zum Verflüssiger **352**. Der Verflüssiger **352** wandelt das Kühlmittel von einer Gasphase zurück in eine flüssige Phase um, bevor das Kühlmittel zurück in die Hülle **360** gepumpt oder zirkuliert wird.

[0063] Beispiele gekühlter Gehäuse, welche bei einem aktiven Prüfkopf verwendet werden können, werden nun detaillierter in Bezug auf die Fig. 3D und 4–Fig. 6 beschrieben. Diese Beispiele dienen der Darstellung und sollen die vorliegende Erfindung nicht einschränken.

4. Gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Chips

[0064] Fig. 3D ist eine Darstellung eines gekühlten Gehäuses **380**, das bei einem aktiven Prüfkopf gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Das gekühlte Gehäuse **380** schließt eine Hülle ein, die aus einer Kammer **381** und einem unteren Substrat **382** besteht. Die Kammer **381** kann aus Keramik, geprägtem Metall, geformten Kunststoff, Gussmetall etc. hergestellt sein. Das untere Substrat **382** kann jede Art von Substrat sein, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – ein Substrat hergestellt aus FR-4, Keramik, Kupfer-Invar-Kupfer etc..

[0065] Ein oder mehrere Chips **362** sind an eine Fläche des unteren Substrats **382** gekoppelt und innerhalb eines Hohlraums **383** in der Kammer **381** positioniert. Ein Chip **362** kann wie in Fig. 3D gezeigt verwendet werden. Alternativ können eine Vielzahl von Chips **362** verwendet werden. Chip(s) **362** können in jeder gewünschten Anordnung auf der Fläche des unteren Substrats **382** angeordnet sein. Jeder Chip **362** ist an das untere Substrat **382** durch entsprechende Verbindungen **388** gekoppelt. Verbindungen **388** können jede Art von elektrischem Verbindungselement sein, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – nachgiebige Verbindungen. Beispiele für nachgiebige Verbindungen sind weiter unten beschrieben. Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist jeder Chip **362** an das untere Substrat **382** durch entsprechende Gruppen von nachgiebigen Verbindungen **388** gekoppelt. Chip(s) **362** sind weiterhin derart angebracht, dass eine aktive Fläche **385** eines Chips **362** in Richtung einer Innenfläche des unteren Substrats **382** gerichtet ist. Prüfelemente **305** erstrecken sich von einer Außenfläche des unteren Substrats **382**, so dass Spitzen an Prüfelementen **305** mit DUTs auf einem Wafer (nicht gezeigt) in Eingriff kommen.

[0066] Bei Fig. 3D sind zwei Kühlmittelöffnungen **384**, **386** gezeigt. Die Kühlmittelöffnung **384** ermöglicht, dass Kühlmittel vom Kühlungssystem **314** in die Kammer **381** passiert, wie durch den Richtungspfeil **387** angezeigt. Die Kühlmittelöffnung **386** ermöglicht, dass Kühlmittel innerhalb der Kammer **381** nach Außen zum Kühlungssystem **314** passiert, wie durch den Richtungspfeil **389** angezeigt. Bei einem Beispiel sind die Kühlmittelöffnungen **384**, **386** Einweg-Fluidströmungsventile. Bei anderen Beispielen kann eine Öffnung oder können viele Öffnungen jeder Art verwendet werden. Solche Öffnungen und/oder andere mechanische Einrichtungen können einen Einweg- oder einen wechselseitigen Fluss von Kühlmittel ermöglichen.

[0067] Innerhalb eines Hohlraums der Kammer **381** zirkuliert das Kühlmittel frei um alle Seiten des (der) Chips **362** und die Verbindungen **388**. Das Kühlmittel kühlt aktive elektronische Komponenten direkt auf dem (den) Chip(s) **362**. Auf diese Weise verringert die vorliegende Erfindung die Stärke thermischer Gradienten in jedem Chip und vergleichmäßigt verbleibende thermische Gradienten (falls vorhanden) über jedem Chip. Überhitzungspunkte sind verringert oder beseitigt. Der Betriebstemperatur-Bereich des Chips ist vergrößert.

[0068] Gemäß einem Merkmal der vorliegenden Erfindung sind Chip(s) **362** vorzugsweise entlang einer Ebene angeordnet, die parallel ist zur Ebene des unteren Substrates **382** und zur Ebene eines unter Test stehenden Wafers (nicht gezeigt) und Prüfelementen **305**. Das gekühlte Gehäuse **380** weist direkt an das untere Substrat **382** gekoppelte Prüfelemente **305**

auf. Weiterhin kann ein Teil oder die gesamte Testschaltung und Verarbeitung in einem oder mehreren Chip(s) **362** aufgenommen sein. Auf diese Weise ist der Abstand eines elektrischen Pfads von den Prüfelementen **305** zu aktiven Testschaltungen minimiert. Durch Minimieren von Temperaturabweichungen über den Chip mit Hilfe von direktem Kühlen und Minimieren der elektrischen Pfadlänge, über die die Signale wandern, verringert das gekühlte Gehäuse **380** Änderungen elektrischer Parameter und Störeffekte und sieht eine verbesserte Gleichmäßigkeit von Ausgangssignal-Merkmalen wie Anstiegszeit und Pin-zu-Pin-Zeitversatz vor.

[0069] Das gekühlte Gehäuse **380** schließt weiterhin an eine Fläche des unteren Substrats **382** gekoppelte Ausgangskontakte (nicht gezeigt) ein. Ausgangskontakte können an einem unteren Substrat **382** oder an der Kammer **381** vorgesehen sein. Jede Art von Ausgangskontakt für gekühlte Gehäuse **380** kann verwendet werden, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – jede Art von Verbindungselement wie Federkontakte, Pins, Lötpfeiler, Erhebungen, Kontaktelemente etc.. Beispielhafte Ausgangskontakte sind weiter in Bezug auf die Verbindungselemente beschrieben, die bei den gekühlten Gehäusen mit hoher Besetzungsdichte von **Fig.** 4 bis Fig. 6 verwendet werden.

5. Gekühlte Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte

[0070] Fig. 4A ist eine Darstellung eines gekühlten Gehäuses **400** mit hoher Besetzungsdichte, gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Das gekühlte Gehäuse **400** mit hoher Besetzungsdichte schließt eine aus einem unteren keramischen Substrat **410** und einem oberen keramischen Substrat **420** gebildete Hülle ein. Das obere und das untere keramische Substrat **410** und **420** sind durch eine Dichtung **440** abgedichtet und umschließen einen Hohlraum **402**. Die Dichtung **440** kann jede Art von Dichtung sein, die ein Kühlmittel zurückhalten kann. Bei einem Beispiel ist die Dichtung **440** ein O-Ring.

[0071] Eine Anordnung von Chips **430a**–**430c** ist an eine Fläche des unteren keramischen Substrats **410** innerhalb des Hohlraums **402** gekoppelt. Jede Anzahl von Chips **430** kann verwendet werden, um den verfügbaren Flächenbereich (auch Gehäusekomponenten-Bereich genannt) auf der Fläche des unteren keramischen Substrats **410** innerhalb des Hohlraums **402** zu bedecken. Bei einer Ausgestaltung sind 64 Chips in einer dicht gepackten Multi-Chip-Anordnung vorgesehen.

[0072] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung ist jeder der Chips **430a**–**430c** mit dem unteren keramischen Substrat **410** durch entsprechende nachgiebige Verbindungen **432a**–**432c** gekoppelt. Die Chips **430** sind weiterhin so angebracht, dass sie dem unteren keramischen Substrat **410** zugewandt sind. Insbesondere ist eine aktive Fläche des Chips **430a** dem unteren keramischen Substrat **410** zugewandt. Aktive Flächen anderer Chips **430b**–**430c** sind gleichermaßen dem unteren keramischen Substrat **410** zugewandt.

[0073] Bei Fig. 4A sind zwei Kühlmittelöffnungen **442** und **444** gezeigt. Die Kühlmittelöffnung **442** ermöglicht, dass Kühlmittel vom Kühlungssystem **314** (nicht in Fig. 4A gezeigt) in den Hohlraum **402** durchtritt. Die Kühlmittelöffnung **444** ermöglicht, dass Kühlmittel innerhalb des Hohlraums **402** zurück zum Kühlungssystem **314** fließt. Bei einem Beispiel sind die Kühlmittelöffnungen **442** und **444** Einweg-Fluidströmungsventile. Innerhalb des Hohlraums **402** zirkuliert das Kühlmittel frei um alle Seiten der Chips **430** und die nachgiebigen Verbindungen **432**. Das Kühlmittel kühlt direkt die aktiven elektronischen Komponenten auf den Chips **430**. Auf diese Weise verringert die vorliegende Erfindung die Stärke thermischer Gradienten über jeden Chip und vergleichmäßigt verbleibende thermische Gradienten über jeden Chip. Überhitzungspunkte sind verringert oder beseitigt.

[0074] Die Chips **430** sind vorzugsweise entlang einer Ebene angeordnet, die parallel ist zur Ebene des unteren keramischen Substrats **410** und zur Ebene eines Wafers und Prüfelementen **305**. Das Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte weist direkt an das untere Substrat **410** gekoppelte Prüfelemente **305** auf. Weiterhin können ein Teil der oder die gesamten Testschaltungen und Verarbeitungen in den Chips **430** aufgenommen sein. Auf diese Weise wird der Abstand eines elektrischen Pfades von den Prüfelementen **305** zu aktiven Testschaltungen minimiert. Durch Minimieren von Temperaturänderungen über den Chip mit Hilfe direkten Kühlens und Minimierung der elektrischen Pfadlänge über welche Signale wandern, verringert das Gehäuse **400** mit hoher Besetzungsdichte Störeffekte und sieht eine verbesserte Gleichmäßigkeit von Ausgangssignal-Merkmalen wie Anstiegszeit und Pin-zu-Pin-Zeitversatz vor.

[0075] Das Gehäuse **400** mit hoher Besetzungsdichte schließt weiterhin an eine Fläche des unteren keramischen Substrats **410** gekoppelte Ausgangskontakte **413** ein. Ausgangskontakte **413** sind in einem Randbereich des unteren keramischen Substrats **410** vorgesehen und sind elektrisch mit den Verbindungselemente **415** verbunden. Bei einem Beispiel können die Ausgangskontakte **413** in einer Lötaugen-Gitter-Matrix (Land Grid Array: LGA) Muster angeordnet sein. Die Verbindungselemente **415** können jede Art von elektrischem Verbindungselement sein, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – nachgiebige Verbindungen. Die Verbindungen **415** sind weiterhin mit irgendeiner äußeren Komponente verbunden. In einer Testumgebung können die Verbindungen **415** mit einem Zwischenelement oder einer

Leiterplatte oder mit einer anderen äußeren Komponenten eines Testsystems gekoppelt sein.

[0076] Fig. 4B ist eine Darstellung, die in einer gestapelten Chipanordnung befestigte Chips **430a**, **430b** gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Chips **430a**, **430b** sind an das obere Substrat **420** Flip-Chip gebondet. Das obere Substrat **420** ist dann durch nachgiebige Verbindungen **482** an das untere Substrat **410** gekoppelt. Diese gestapelte Chipanordnung kann bei jedem der hierin beschriebenen gekühlten Gehäuse angewendet werden, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – gekühlte Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte. Das Kühlmittel zirkuliert um die Chips **430a**, **430b**, um die Chipflächen direkt zu kühlen.

[0077] Fig. 4C ist eine Darstellung, die nicht-kontaktierende, nachgiebige Verbindungen **494** darstellt, die auf einer Chipfläche **430a** gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung vorgesehen sind. Kühlmittel zirkuliert um den Chip **430a**, die nachgiebigen Verbindungen **432a** und die nicht-kontaktierenden, nachgiebigen Verbindungen **494**, um die Chipflächen direkt zu kühlen. Die nichtkontaktierenden, nachgiebigen Verbindungen **494** können jede Art von nachgiebiger Verbindung sein, wie eine Feder. Wie in Fig. 4C gezeigt, kontaktieren die nichtkontaktierenden, nachgiebigen Verbindungen **494** das untere Substrat **410** nicht, sondern dienen zum Abführen von Wärme weg von Bereichen der Chipfläche. Dies verbessert weiter das Kühlen von Chip(s) bei einem gekühlten Gehäuse gemäß der vorliegenden Erfindung. Diese Anordnung von einem oder mehreren Chips mit nichtkontaktierenden, nachgiebigen Verbindungen kann bei jedem der hierin beschriebenen gekühlten Gehäusen verwendet werden, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – gekühlte Gehäuse mit hoher Besetzungsdichte.

[0078] Fig. 5 ist eine Darstellung eines Gehäuses mit hoher Besetzungsdichte gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Das Gehäuse **500** mit hoher Besetzungsdichte schließt eine Hülle ein, die einen Hohlraum **502** umschließt. Die Hülle schließt ein unteres keramisches Substrat **510** und ein oberes keramisches Substrat **520** ein. Das obere und das untere keramische Substrat **510** und **520** sind in einem durch eine Dichtung **440** abgedichteten Gehäuse gekoppelt. Kühlmittelöffnungen **442** und **444** ermöglichen die Zirkulation eines flüssigen Kühlmittels durch den Hohlraum **502**, wie oben im Bezug auf **Fig.** 4 beschrieben. Bei einer Testumgebung ist das untere keramische Substrat **510** an einer Fläche an Prüfelemente **530** gekoppelt. Eine weitere Fläche des unteren keramischen Substrats **510** ist durch nachgiebige Verbindungen **432** an Chips **430** gekoppelt.

[0079] Im Gegensatz zum Gehäuse **400** schließt das Gehäuse **500** Ausgangskontakte **513** ein, die auf einer oberen Fläche **521** des oberen keramischen Substrats **520** vorgesehen sind. Ausgangskontakte **513** können beispielsweise ein LGA Raster sein (wie in Fig. 6 gezeigt). Verbindungen **515** sind auch durch den Hohlraum **502** zwischen dem oberen und dem unteren keramischen Substrat **510**, **520** vorgesehen. Je nach Bedarf kann jede Anzahl von Verbindungen **515** vorgesehen sein. Das Gehäuse **500** weist alle oben im Bezug auf Gehäuse **400** beschriebenen Vorteile auf, bei dem die thermischen Gradienten in den Chips **430** verringert sind und der elektrische Pfad von den Prüfelementen **305** zu den Chips relativ kurz ist. Das Gehäuse **500** ist sogar noch kompakter, so dass die Ausgangskontakte nicht an einem Randbereich des unteren keramischen Substrats **510** vorgesehen werden müssen. Stattdessen sind Ausgangskontakte **513** auf der oberen Fläche **521** des oberen keramischen Substrates **520** vorgesehen. Auf diese Weise können elektrische Signale über die Ausgangskontakte **513** zu jeder äußeren Komponente, wie dem im Fig. 5 gezeigten Federkontaktzwischenelement, durchtreten. Bei der in Fig. 5 gezeigten Ausgestaltung weist das Zwischenelement **550** auf: ein Substrat **552**, einen ersten Satz von Verbindungen **554**, der eine Fläche des Substrats **552** mit den Ausgangskontakten **513** verbindet, und einen zweiten Satz von Verbindungen **556**, der sich von der gegenüberliegenden Fläche des Substrats **552** erstreckt zur Verbindung mit einer anderen Komponente (nicht gezeigt). Das Zwischenelement **550** ist optional und im Allgemeinen können Ausgangskontakte **513** mit jeder externen Komponente eines Testsystems oder einem anderen elektronischen Gehäuse-Umfeld gekoppelt werden.

[0080] Fig. 6 ist eine Darstellung eines Gehäuses **600** mit hoher Besetzungsdichte gemäß einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. Das Gehäuse **600** mit hoher Besetzungsdichte ist identisch zum Gehäuse **500**, mit der Ausnahme, dass die Chips **430** mit dem unteren keramische Substrat **510** in einer Sockelkonfiguration verbunden sind. Chip-Ausrichtungspfosten **670**, **672** sind für jeden Chip **430** vorgesehen. Bei Fig. 6 sind Chip-Ausrichtungspfosten **670a**, **672a** auf gegenüberliegenden Seiten des Chips **430a** vorgesehen. Der Chip **430a** wird durch Reibungskontakt mit den Chip-Ausrichtungspfosten **670a** und **672a** und durch nachgiebige Verbindungen **432a** und **680a** gehalten, um seine Position beizubehalten. Insbesondere sehen die nachgiebigen Verbindungen **680a** einen nach unten gerichteten Druck vor, um die Chips **430s** an ihrem Ort im Sockel zu halten. Ein innerhalb des Hohlraums **502** vorgesehenes Kühlmittel kann immer noch über freiliegende Seiten des Chips **430** zirkulieren. Obwohl Fig. 6 eine Sockelkonfiguration von Chips im Bezug auf das Gehäuse **500** mit hoher Besetzungsdichte zeigt, ist die vorliegende Erfindung nicht darauf begrenzt. Insbesondere kann eine Sockelkonfigurati-

on auch bei jedem gekühlten Gehäuse mit jeder Anzahl von Chips oder jedem Layout der Chips durch Vorsehen von Ausrichtungspfosten verwendet werden.

6. Routine zum Aufnehmen aktiver elektronischer Komponenten in der Nähe von Prüfelementen

[0081] Fig. 7 ist ein Flussdiagramm einer Routine **700** zum Aufnehmen aktiver elektronischer Komponenten in der Nähe von Prüfelementen gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung (Schritte **710**–**730**). Bei Schritt **710** werden aktive elektronische Komponenten in einem Gehäuse abgedichtet. Diese aktiven elektronischen Komponenten können einen Teil oder die gesamte Funktionalität ausführen, die bei einem Testgerät zum Testen von DUTs ausgeführt werden. Bei Schritt **720** wird das Gehäuse an Prüfelemente gekoppelt. Bei Schritt **730** wird während des Betriebs aktiver Komponenten beim Testvorgang ein Kühlmittel durch das Gehäuse zirkuliert, um thermische Abweichungen über die Chips zu verringern.

7. Arten von Federkontakten

[0082] Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung werden Federkontakte innerhalb eines gekühlten Gehäuses verwendet, um einen oder mehrere Chips an ein Substrat zu koppeln. Solche Federkontakte haben den Vorteil, dass sie es dem Kühlmittel ermöglichen, um alle Seiten eines Chips und um die Federkontakte selbst zu fließen, ohne die elektrische Verbindung zwischen dem Chip und dem Substrat zu beeinflussen. Die Federkontakte sind nicht völlig starr und können ihre physikalische Integrität bei Anwesenheit von zirkulierendem Kühlmittel beibehalten. Die Federkontakte können auch das direkte Kühlen verbessern, da sie eine Länge haben, die eine Kühlmittelzirkulation und einen thermischen Transport weg von einer aktiven Fläche eines Chips erlauben, sogar wenn der Chip dem Substrat zugewandt angebracht ist. Federkontakte sind auch selbst ziemlich stabil und benötigen keine Verwendung von Epoxy oder anderen Materialien, welche den Flächenbereich auf einen Chip, der durch das zirkulierende Kühlmittel direkt gekühlt wird, verringern würden.

[0083] Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung kann jede Art von Federkontakt bei einem gekühlten Gehäuse verwendet werden. Ein Federkontakt (auch bezeichnet als Kontaktfeder oder als eine Feder) kann einschließen – ist aber nicht begrenzt auf – irgendeinen Federkontakt, der jetzt oder in Zukunft von FormFactor, Inc. a Dellaware Corporation erhältlich ist. Die **Fig.** 8–Fig. 11 sind Darstellungen von drei Arten beispielhafter Federkontakte, die bei einem gekühlten Gehäuse verwendet werden können. Die drei Arten von Federkontakten sind drahtgebondete, mehrteilig lithographische und einteilig ausgebildete Federn.

[0084] Die **Fig.** 8–Fig. 11 sind Darstellungen von drei Arten beispielhafter Federkontakte, die bei einem gekühlten Gehäuse verwendet werden können. Die erste Art ist ein drahtgebondeter Federkontakt. Fig. 8A stellt einen beispielhaften, leitenden Federkontakt **810** dar, der mit einem Eingangs-/Ausgangsanschluss **804** auf einem Substrat **802** befestigt werden kann. Der beispielhafte Federkontakt **810** weist auf: einen inneren Kern **830**, hergestellt aus einem leicht formbaren Material, und ein Beschichtungsmaterial **832**, hergestellt aus einem federnden Material. Der Federkontakt **810** wird vorzugsweise durch Drahtbonden des inneren Kerns **830** an den Eingangs-/Ausgangsanschluss **804** hergestellt. Weil der innere Kern **830** aus einem leicht formbaren Material hergestellt ist, kann der innere Kern in nahezu jeder vorstellbaren Form ausgebildet werden, einschließlich und ohne Einschränkung in Formen mit einer Krümmung oder einem Richtungswechsel, wie in Fig. 8B dargestellt, und in Formen mit mehreren Richtungswechseln. Dann wird das Beschichtungsmaterial **832** über dem inneren Kern **830** aufgebracht. Das Beschichtungsmaterial **832** verleiht dem Federkontakt **810** Elastizität. Viele Änderungen der Feder **810** sind möglich. Zum Beispiel können für eine Vielfalt von Verwendungszwecken zusätzliche Materialschichten zum Federkontakt hinzugefügt werden.

[0085] Fig. 8B zeigt eine beispielhafte Feder **810'** mit zwei Krümmungen. Die Feder **810'** schließt ein: einen inneren Kern **830'**, hergestellt aus einem leicht formbaren Material, und ein Beschichtungsmaterial **832'**, hergestellt aus einem elastischen Material. Der Federkontakt **810'** ist vorzugsweise durch Drahtbonden des inneren Kerns **830'** an den Eingangs-/Ausgangsanschluss **804'** hergestellt. Dann wird dass Beschichtungsmaterial **832'** auf dem inneren Kern **830'** aufgebracht. Weitere Beispiele solcher Federkontakte sind beschrieben in den gemeinsam übertragenen US Patent Nrn. 5,476,211, 5,917,707 und 6,110,823 von denen jedes hierin durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit aufgenommen ist.

[0086] Die Fig. 9A, Fig. 9B, Fig. 10A–Fig. 10C und Fig. 11 stellen Federkontakte dar, die eher lithographisch als durch eine Drahtbond-Technik hergestellt werden, wie in Fig. 8A und Fig. 8B dargestellt. Solche Federkontakte werden hergestellt unter Verwendung lithographischer Techniken, ähnlich zu den Techniken, die zur Herstellung integrierter Schaltungen verwendet werden. Das heißt eine oder mehrere Maskenschichten werden verwendet, um ein Muster auszubilden, in welchem Elemente des Federkontaktes ausgebildet werden. Die Fig. 9A und Fig. 9B stellen ein Beispiel dar, bei welchem ein Federkontakt lithographisch ausgebildet wird. Wie gezeigt sind eine

oder mehrere Maskenschichten **930** auf einem Substrat **902** ausgebildet. Die Maskenschichten **930** bilden eine Öffnung über einem Eingangs-/Ausgangsanschluss **904** eines Substrats **902** und legen auch eine Form des Federkontaktes fest. Dann wird Material **940** auf das durch die Maskenschichten **930** gebildete Muster abgeschieden. Wie in Fig. 9B gezeigt werden die Maskenschichten dann entfernt und hinterlassen einen Federkontakt **910**, der an dem Eingangs-/Ausgangsanschluss **904** befestigt ist. Die Feder kann aus einem einzigen federnden Material hergestellt sein. Alternativ kann die Feder aus mehreren Materialschichten hergestellt sein. Zum Beispiel kann das Anfangsmaterial **940**, das auf den Maskenschichten **930** abgeschieden ist, ein flexibles Material sein, so dass es den inneren Kern der in Fig. 8A und Fig. 8B dargestellten Federn ausbildet. Das Material kann dann beschichtet werden, zum Beispiel mit einem elastischen Material wie oben in Bezug auf Fig. 8A und Fig. 8B beschrieben, nachdem die Maskenschichten entfernt wurden.

[0087] Die Formen und Anordnungen von lithographisch geformten Kontaktfedern sind nahezu unbegrenzt. Die Fig. 10A–Fig. 10C und Fig. 11 stellen nicht-abschließende Beispiele solcher Formen und Anordnungen dar. Bei Fig. 10A legt eine Vielzahl von Maskenschichten **1032**, **1034**, **1036** eine Federform an einem Eingangs-/Ausgangsanschluss **1004** fest. Wie in Fig. 10B und Fig. 10C gezeigt, formt das Abscheiden eines Federmaterials oder von Materialien **1040** auf den Maskenschichten und anschließendes Entfernen der Maskenschichten eine Feder **1010** mit einem am Eingangs-/Ausgangsanschluss **1004** befestigten Basisabschnitt **1050**, einem Balkenabschnitt **1052** und einem Kontaktabschnitt **1054**.

[0088] Fig. 11 stellt ein Beispiel eines mehrteiligen, lithographisch ausgebildeten Federkontaktes **1110** dar, bei welchem deutlich Pfosten- **1122**, Balken- **1124** und Spitzen- **1126** Abschnitte erzeugt werden. Typischerweise wird der Pfosten **1122** erzeugt durch Ausbilden einer ersten Maskenschicht (nicht gezeigt) auf einem Substrat **1102** mit einer Öffnung über einem Eingangs-/Ausgangsanschluss **1104**, die den Pfosten **1122** festlegt. Die Öffnung wird dann gefüllt und bildet den Pfosten **1122**.

[0089] Danach wird eine zweite Maskenschicht (nicht gezeigt) auf der ersten Maskenschicht ausgebildet, die eine Öffnung festlegt, die den Pfosten **1122** einschließt und den Balken **1124** festlegt. Der Balken **1124** wird dann durch Füllen der Öffnung mit einem Material erzeugt. Der Prozess wird dann mit einer dritten Maskenschicht (nicht gezeigt) wiederholt, die die Spitze **1126** festlegt.

[0090] Es sollte bemerkt werden, dass, anstelle der Ausbildung von Federn auf dem Substrat, Federn auch getrennt vom Substrat ausgebildet und, sobald sie ausgebildet sind, an dem Substrat befestigt werden können. Weitere Beschreibungen lithographisch ausgebildeter Federkontakte können gefunden werden in der gemeinsam übertragenen U. S. Patentanmeldung Seriennr. 09/032,473, eingereicht am 26. Februar 1998 (PCT Veröffentlichung WO 9852224), U. S. Patentanmeldung Seriennr. 09/205,023, eingereicht am 2. Dezember 1998 (U.S. Patent Nr. 6,255,126).

[0091] Diese Federkontakte sind erläuternde Beispiele nachgiebiger Verbindungselemente und sollen die vorliegende Erfindung nicht einschränken. Jedes Verbindungselement, einschließlich – aber nicht begrenzt auf – nachgiebige Verbindungselemente kann verwendet werden, um einen oder mehrere Chips innerhalb eines gekühlten Gehäuses bei einer Prüfkartenkühlungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung zu verbinden.

8. Zusätzliche Ausgestaltungen

[0092] Des Weiteren, wie in Fig. 12 bei einer weiteren Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung gezeigt, schließt eine Prüfkartenkühlungsanordnung **1200** ein Kühlungselement **1220** und ein gekühltes Gehäuse mit einem oder mehreren Wärmeradiatoren **1210**, wie den Kühlrippen **1210a–1210e** ein. Das gekühlte Gehäuse schließt eine Kammer **1281** ein, die einen Hohlraum **1205** umschließt. Flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel wird durch ein Ventil **1202** hinzugefügt, um den Hohlraum **1205** zu füllen und einen oder mehrere Chips **362** auf dem Substrat **382** einzutauchen. Während des Betriebs werden Chip(s) **362** durch ein umgebendes Kühlmittel direkt gekühlt. Wärme wird vom Kühlmittel durch den einen oder mehrere Wärmestrahler **1210** zum Kühlungselement **1220** abgeleitet. Das Kühlungselement **1220** schließt ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel ein, das durch das Kühlungselement **1220** zirkuliert, um weiter Wärme abzuführen.

[0093] Prüfkarten-Kühlungseinrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung sind nicht begrenzt auf das Kühlen von Chips bei einem aktiven Prüfkopf. Eine wie hierin beschriebene Kühlungseinrichtung kann auch an einem Zwischenelement und/oder einer Leiterplatte innerhalb einer Prüfkarteneinrichtung angebracht werden. Zum Beispiel kann eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung auch ein oder mehrere gekühlte Gehäuse einschließen, die ein Zwischenelement, eine Leiterplatte und/oder Chips aufnehmen. Ein Kühlungssystem **314** und ein Kühlmittel-Zirkulationssystem **312** kann dann das Zwischenelement, die Leiterplatte und/oder die Chips direkt kühlen.

9. Gekühlte Gehäuse mit einem oder mehreren Chips

[0094] Obwohl jeder der Chips **362**, **430a–430c**

oben als eine aktive Elektronik beschrieben ist zum Ausführen eines Teils der oder der gesamten Funktionalität eines Testgeräts zum Testen von DUTs **125**, könnte jeder Chip alternativ ein getesteter und ein von einem Wafer, wie dem Wafer **120**, vereinzelter Chip sein, und jedes der Gehäuse oder Kühlungseinrichtungen **302** von Fig. 3A, **350** von Fig. 3B, **380** von Fig. 3D, **400** von Fig. 4A–Fig. 4C, **500** von Fig. 5, **600** von Fig. 6 und **1200** von Fig. 12 könnte eher ein gekühltes Gehäuse zum Aufnehmen eines oder mehrerer solcher Chips sein, als eine Prüfkarten-Kühlungseinrichtung. In einem solchen Fall kann jeder der Chips **362**, **430a**–**430c** irgendeine Art von Chip sein und sein umschließendes Gehäuse kann mit jeder Art von Systembaugruppe oder anderen Schaltungselementen verbunden sein, um ein elektronisches System auszubilden. Zum Beispiel können die Chips **362**, **430a**–**430c** Speicherschaltungen sein und gepackte Chips können ein Speichermodul ausbilden. Die Substrate **382**, **410**, **420**, **510**, **520** bilden das gekühlte Gehäuse und die Sonden **305** sind Verbindungen zum Verbinden des Gehäuses mit der Systembaugruppe oder anderen Schaltkreiselementen. Jedes der Substrate **382**, **410**, **420**, **510**, **520** und die oben beschriebenen Sonden **305** können so verwendet werden. Auf diese Weise kann ein Gehäuse, das einen oder mehrere Chips umschließt, auf jede der oben beschriebenen Arten gekühlt werden.

[0095] Fig. 13 stellt ein beispielhaftes Verfahren zum Herstellen eines gekühlten Gehäuses dar, das einen oder mehrere Chips enthält. Fig. 13 ist ein Flussdiagramm einer Routine **1300** zum direkten Kühlen aktiver elektronischer Komponenten gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung. (Schritte **1302**–**1306**). Bei Schritt **1302** werden an einem Gehäuse aktive elektronische Komponenten mit einer aktiven Fläche, die einer inneren Fläche des Gehäuses zugewandt ist, befestigt. Die aktiven elektronischen Komponenten können direkt oder indirekt an das Gehäuse gekoppelt sein. Bei Ausgestaltungen sind ein oder mehrere Chips mit aktiven elektronischen Komponenten mittels Verbindungselementen an ein Substrat gekoppelt, so dass die aktiven elektronischen Komponenten dem Substrat zugewandt sind. Eine Sockelkonfiguration kann auch verwendet werden, um einen oder mehrere Chips relativ zum Substrat zu halten, so dass die aktiven elektronischen Komponenten dem Substrat zugewandt sind. Bei einem Beispiel Verbindungsschritt ein Verbinden eines jeden Chips mit einem Substrat durch ein oder mehrere nachgiebige Verbindungen ein.

[0096] Bei Schritt **1304** werden die befestigen, aktiven elektronischen Komponenten im Gehäuse abgedichtet. Bei Schritt **1306** wird ein Kühlmittel durch das Gehäuse zirkuliert, um die aktiven Flächen der aktiven elektronischen Komponenten direkt zu kontaktieren.

10. Schlussfolgerung

[0097] Die vorherige Beschreibung der bevorzugten Ausgestaltungen ist dazu vorgesehen, dem Fachmann zu ermöglichen, die vorliegende Erfindung herzustellen oder zu verwenden. Obwohl die Erfindung vor allem in Bezug auf ihre bevorzugten Ausgestaltungen gezeigt und beschrieben wurde, wird es vom Fachmann verstanden werden, dass verschiedene Änderungen der Gestalt und in Details gemacht werden können, ohne sich vom Schutzbereich der Erfindung zu entfernen.

Patentansprüche

1. Kühlungseinrichtung (**302**), die aufweist:
ein Elektronikgehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) mit einem Hohlraum (**313**, **383**, **402**, **502**);
zumindest einen Chip (**362**, **430**) mit aktiven, elektronischen Komponenten, der im Hohlraum (**313**, **383**, **402**, **502**) angeordnet ist;
zumindest eine Kühlmittelöffnung (**317**, **319**, **442**, **444**), die ermöglicht, dass ein Kühlmittel in den Hohlraum (**313**, **383**, **402**, **502**) eintritt und die aktiven, elektronischen Komponenten des zumindest einen Chips (**362**, **430**) direkt kühlt;
ein unteres Substrat (**382**, **410**, **510**), das den Boden des Elektronikgehäuses (**310**, **320**, **400**, **500**) und die untere Wand des Hohlraums (**313**, **383**, **402**, **502**) ausbildet; und
Verbindungen (**388**, **432**), die den zumindest einen Chip (**362**, **430**) direkt mit dem unteren Substrat (**382**, **410**, **510**) verbinden;
dadurch gekennzeichnet, dass
die Verbindungen (**388**, **432**) flexible Verbindungen sind, wobei die Länge jeder flexiblen Verbindung (**388**, **432**) so angepasst ist, dass sie einen Abstand zwischen dem unteren Substrat und dem zumindest einen Chip vorsieht, und wobei die Länge jeder flexiblen Verbindung (**388**, **432**) so angepasst ist, dass sie es ermöglicht, dass das Kühlmittel jeden Chip und die flexiblen Verbindungen (**388**, **432**) umgibt.

2. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die flexiblen Verbindungen (**388**, **432**) Federkontakte aufweisen.

3. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 2, wobei die Federkontakte Drahtbondfedern, lithographische Federn, oder mehrteilige, lithographische Federn aufweisen.

4. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei der zumindest eine Chip (**362**, **430**) von einem Wafer, von dem er vereinzelt wurde, physikalisch getrennt ist.

5. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 4, wobei die Verbindungen flexible Verbindungen sind, die den zumindest einen Chip (**362**, **430**) direkt elek-

trisch kontaktieren.

6. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine Kühlmittelöffnung (**317**, **319**, **442**, **444**) ermöglicht, dass ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel oder eine Kombination aus flüssigen und gasförmigen Kühlmitteln in das Gehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) eintritt und aus ihm austritt.

7. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine Kühlmittelöffnung (**317**, **319**, **442**, **444**) ein Ventil aufweist, das ermöglicht, dass das Kühlmittel in das Gehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) eintritt und jeden Chip (**362**, **430**) umgibt.

8. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:
ein Kühlungssystem (**314**); und
ein Kühlmittel-Zirkulationssystem (**312**), das zwischen das Kühlungssystem und die zumindest eine Kühlmittelöffnung (**317**, **319**, **442**, **444**) gekoppelt ist.

9. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Elektronikgehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) ferner aufweist:
ein oberes Substrat (**420**, **520**) und eine Dichtung (**440**), wobei das obere und untere Substrat durch die Dichtung miteinander gekoppelt sind, um den Hohlraum (**313**, **383**, **402**, **502**) auszubilden, der den zumindest einen Chip (**362**, **430**) einschließt.

10. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 9, wobei die Dichtung (**440**) einen O-Ring aufweist.

11. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die aktiven, elektronischen Komponenten dem unteren Substrat (**382**, **410**, **510**) gegenüberliegen und das Kühlmittel kontaktieren, das die flexiblen Verbindungen (**388**, **432**) innerhalb des Hohlraums (**313**, **383**, **402**, **502**) umgibt.

12. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 11, die einen zweiten Satz von flexiblen Verbindungen (**680**) aufweist, und wobei das Elektronikgehäuse (**600**) ferner ein oberes Substrat (**520**) aufweist; und die ferner Ausrichtungspfosten (**670**, **672**) aufweist, wobei die Ausrichtungspfosten am unteren Substrat (**510**) angebracht sind, die flexiblen Verbindungen (**432**) zwischen dem zumindest einen Chip (**430**) und dem unteren Substrat verbunden sind, und der zumindest eine Chip ferner durch Kontakt mit den Ausrichtungspfosten (**670**, **672**) und Abwärtsdruck vom zweiten Satz von flexiblen Verbindungen (**680**) in Position gehalten wird.

13. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das untere Substrat (**382**, **410**, **510**) Kontakte (**305**) aufweist, wodurch externe Komponenten über die Kontakte mit jedem Chip elektrisch verbunden werden können.

14. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 13, wobei die Kontakte (**305**) auf einem Randbereich des unteren Substrats (**382**, **410**, **510**) angeordnet sind, wodurch die externen Komponenten über die Kontakte mit dem zumindest einen Chip (**362**, **430**) elektrisch verbunden werden können.

15. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Elektronikgehäuse (**500**) ferner ein oberes Substrat (**520**) mit einer oberen Fläche aufweist, die eine äußere Fläche des Gehäuses darstellt und wobei die obere Fläche Kontakte (**513**) umfasst, wodurch externe Komponenten über die Kontakte elektrisch mit dem zumindest einen Chip (**362**, **430**) verbunden werden können.

16. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Elektronikgehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) ferner aufweist:
ein oberes Substrat (**520**); und
Verbindungselemente, die elektrische Wege vorsehen, die sich durch das obere Substrat (**520**) und das untere Substrat (**510**) erstrecken.

17. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine Kühlmittelöffnung (**317**, **319**, **442**, **444**) ermöglicht, dass ein Kühlmittel in flüssiger Form in den Hohlraum (**313**, **383**, **402**, **502**) eintritt und gasförmig aus dem Hohlraum austritt, um die aktiven, elektronischen Komponenten der Chips (**362**, **430**) direkt zu kühlen, und wobei das Kühlmittel einen Siedepunkt bei oder nahe einer Betriebstemperatur des zumindest einen Chips aufweist.

18. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:
ein Kühlungselement (**1220**); und
einen oder mehrere Wärmeradiatoren (**1210**), wobei der zumindest eine Chip (**362**, **430**) in das Kühlmittel getaucht ist und jeder Wärmeradiator die durch den zumindest einen Chip erzeugte Wärme vom Kühlmittel auf das Kühlungselement überträgt.

19. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, die ferner zumindest ein nicht-kontaktierendes, flexibles Verbindungselement (**494**) aufweist, das an eine Fläche des zumindest einen Chips (**430**) gekoppelt ist, wodurch Wärme weiter weg von der Fläche des zumindest einen Chips geleitet werden kann.

20. Kühlungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei das Elektronikgehäuse (**310**, **320**, **400**, **500**) ferner ein oberes Substrat (**520**) aufweist und wobei der zumindest eine Chip (**362**, **430**) an das obere Substrat Flip-Chip-gebondet ist.

21. Prüfkarteneinrichtung, die aufweist:
Prüfelemente; und
eine Kühlungseinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

22. Prüfkarteneinrichtung nach Anspruch 21, wobei die Prüfelemente (**305**) direkt mit dem Gehäuse (**310**, **320**) verbunden sind.

23. Prüfkarteneinrichtung nach Anspruch 21, wobei der zumindest eine Chip (**362**) eine Vielzahl von Chips aufweist, wobei die Vielzahl von Chips von einem Wafer, von dem sie vereinzelt wurden, physikalisch getrennt ist.

24. Prüfkarteneinrichtung nach Anspruch 23, wobei die Vielzahl der Chips jeweils elektrische Kontaktstellen umfassen, die durch zumindest eines der Prüfelemente direkt kontaktiert sind.

25. Prüfkarteneinrichtung nach Anspruch 21, wobei das Gehäuse (**310**, **320**) ferner zumindest ein Zwischenelement (**320**) oder eine Leiterplatte (**330**) umfasst, so dass das Kühlmittel den zumindest einen Chip direkt kontaktiert und ihn dabei direkt kühlt.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

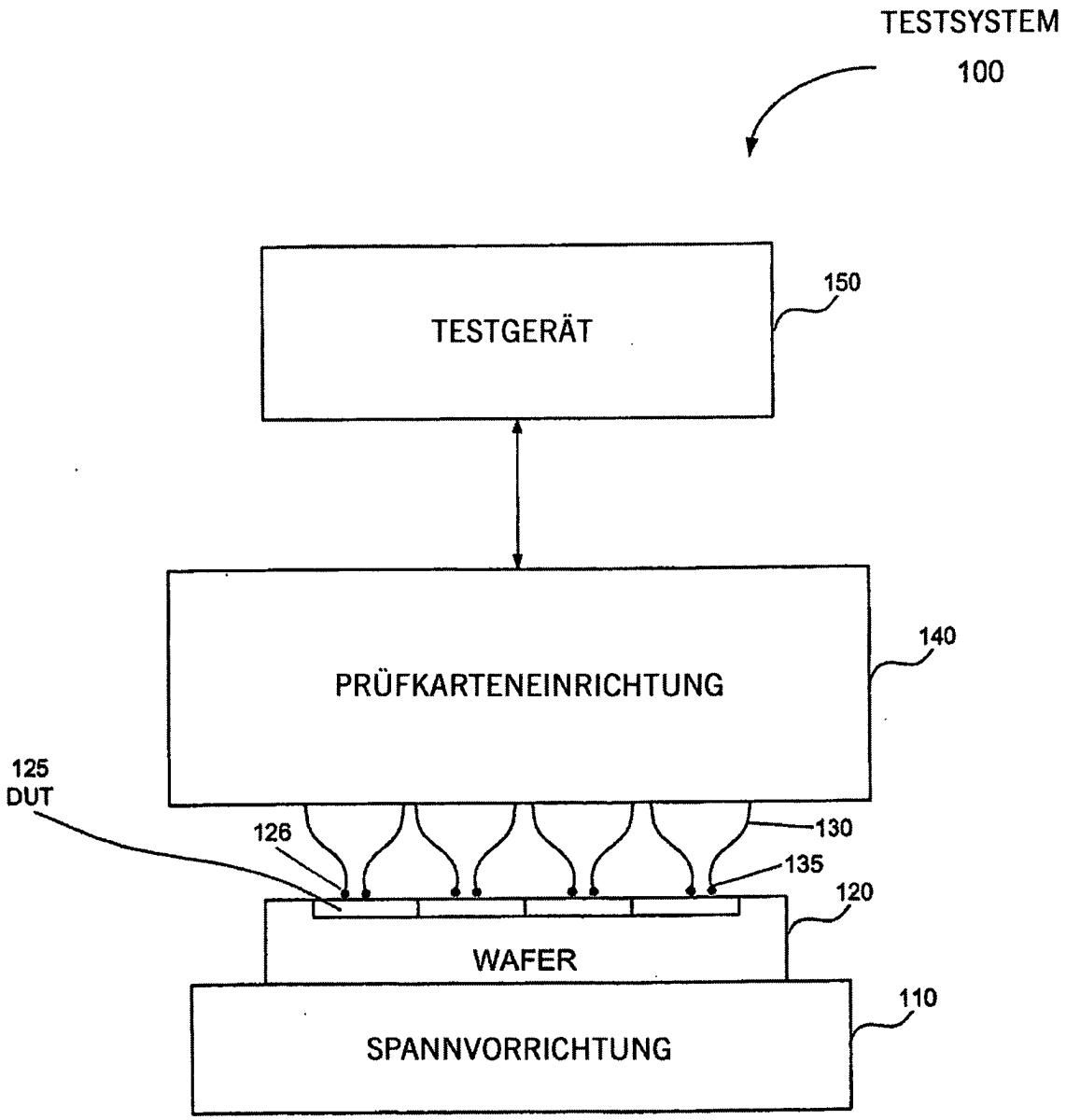


FIG. 1

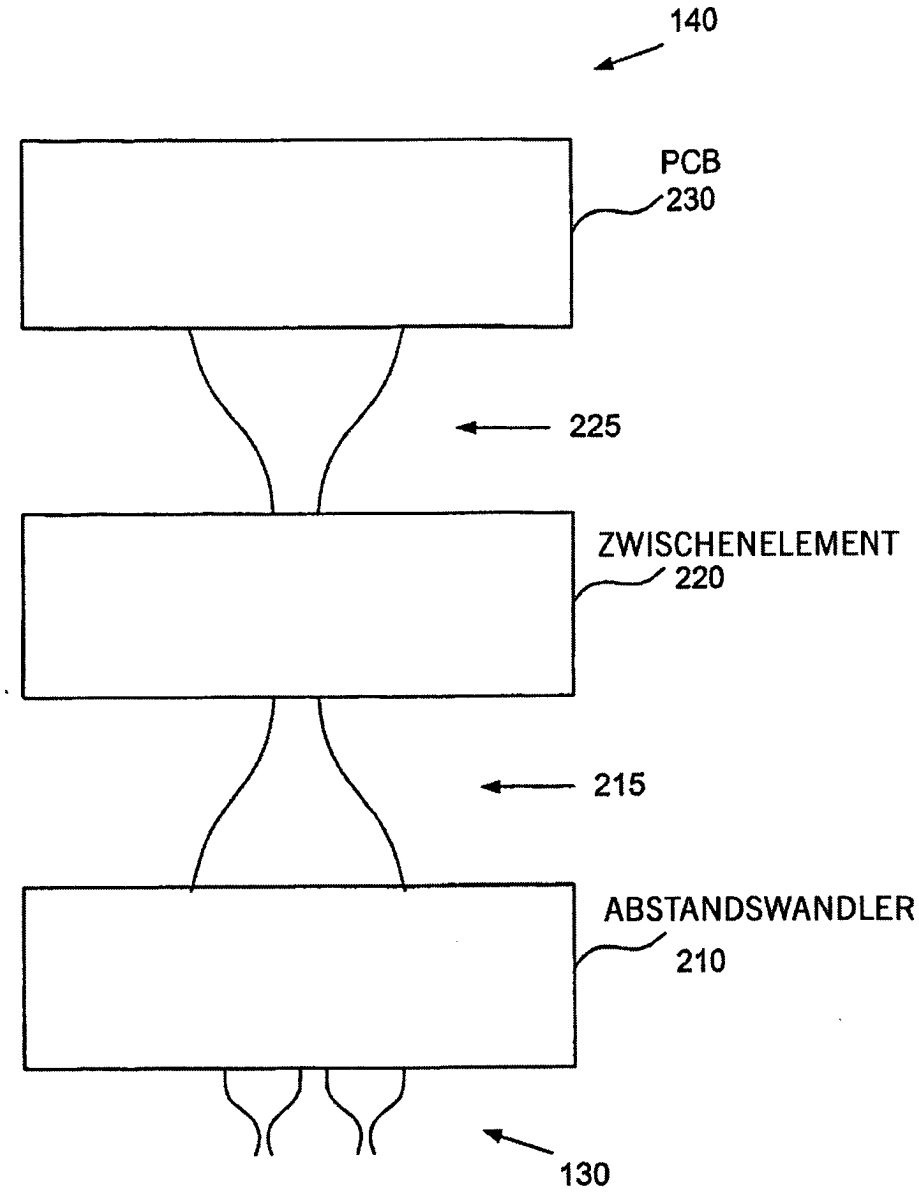

140
PCB
230
225
ZWISCHENELEMENT
220
215
ABSTANDSWANDLER
210
130

FIG. 2

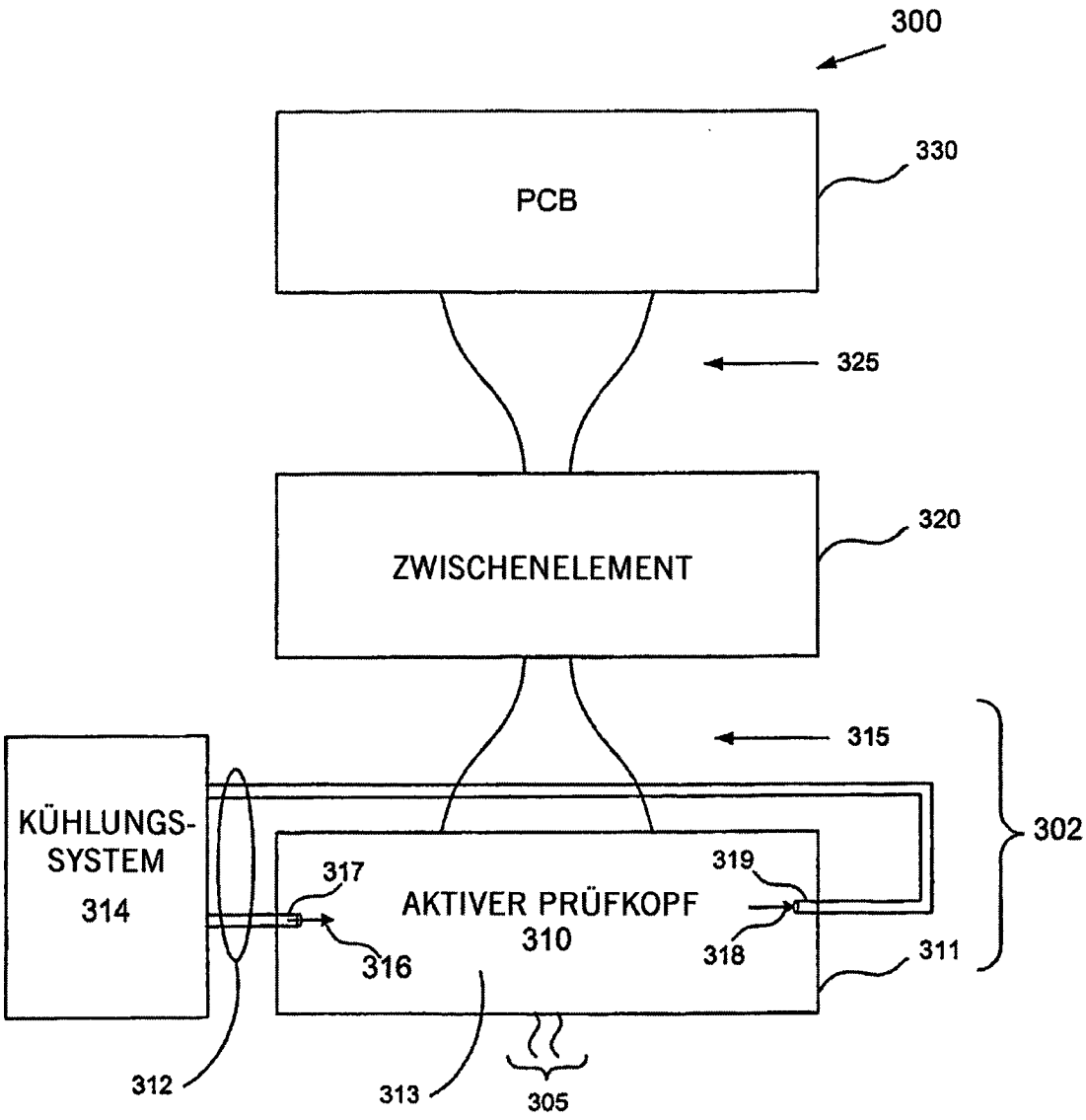

300
PCB
330
325
ZWISCHENELEMENT
320
315
302
KÜHLUNGS-
SYSTEM
314
317
AKTIVER PRÜFKOPF
310
319
316
318
311
312
313
305

FIG. 3A

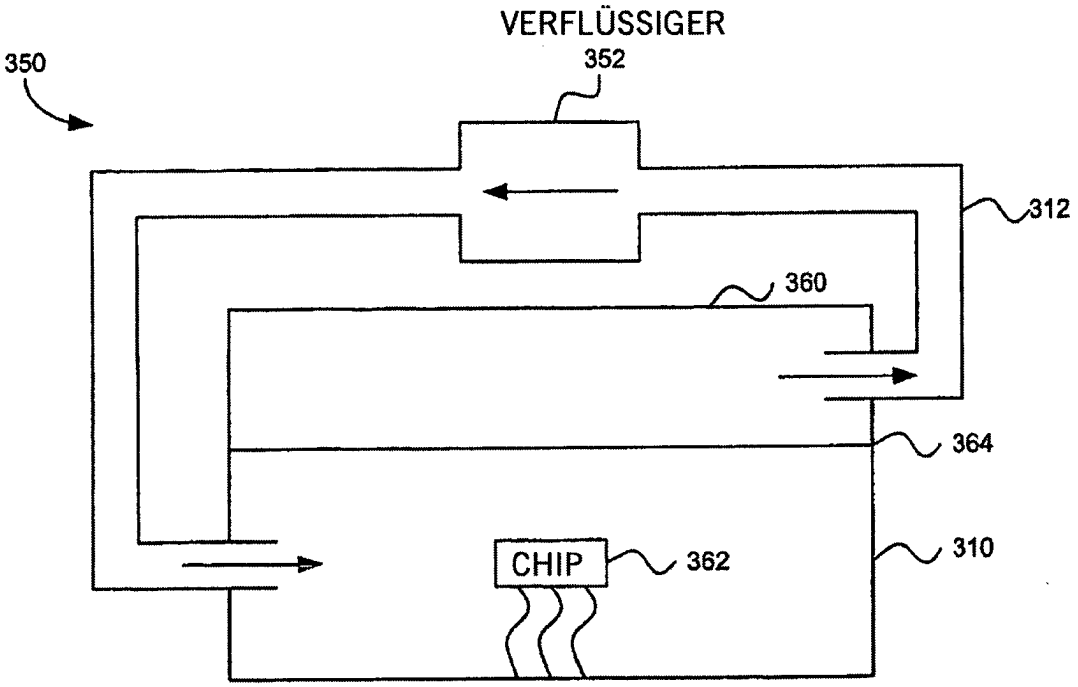

VERFLÜSSIGER
352
350
312
360
364
CHIP
362
310

FIG. 3B

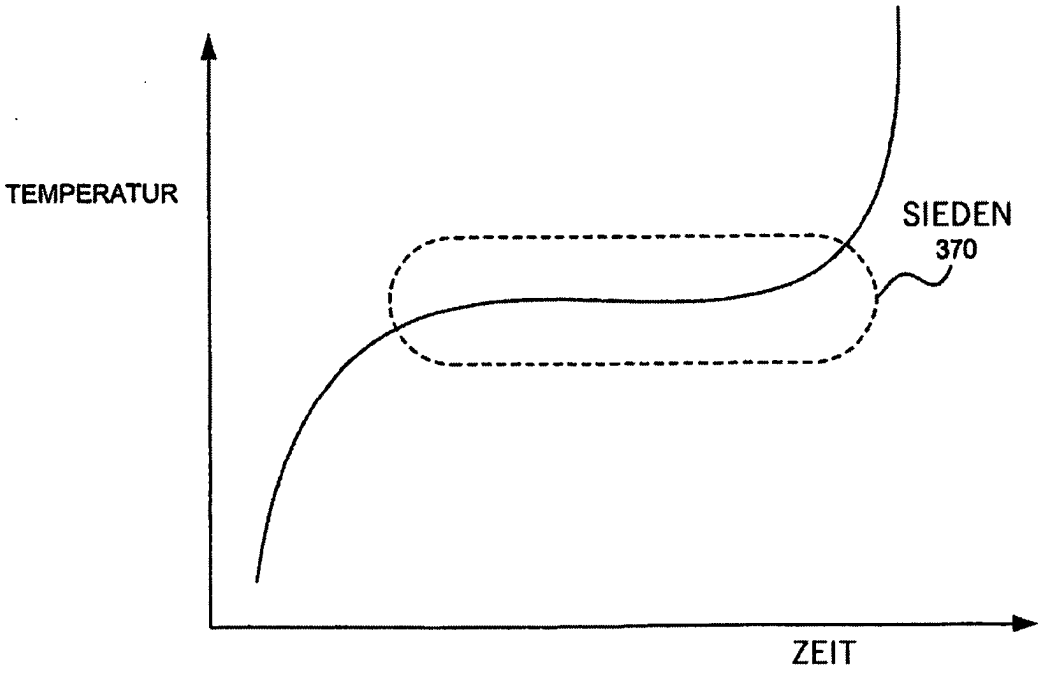

TEMPERATUR
SIEDEN
370
ZEIT

FIG. 3C

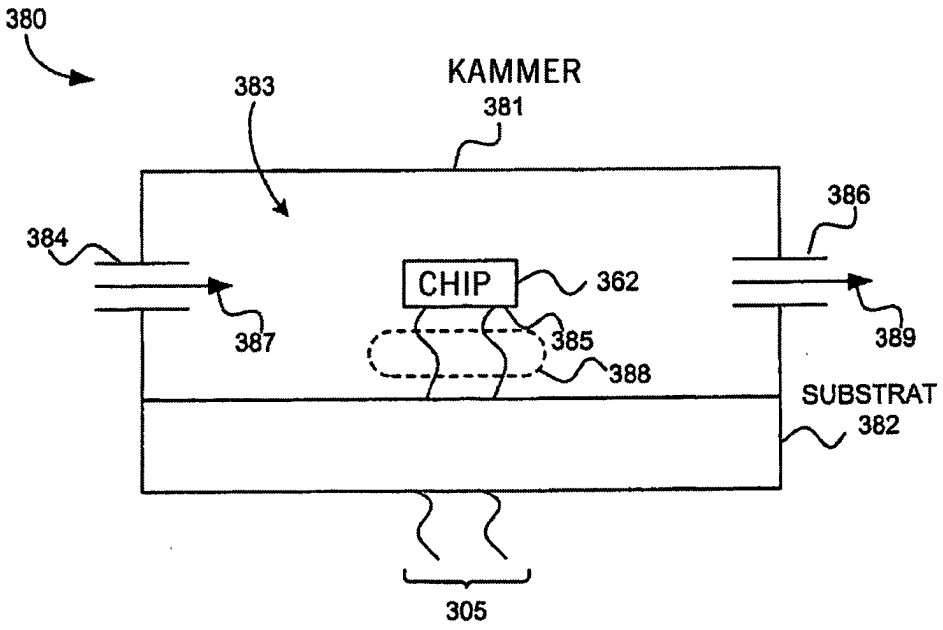

380
KAMMER
383
381
386
384
CHIP
362
387
385
389
388
SUBSTRAT
382
305

FIG. 3D

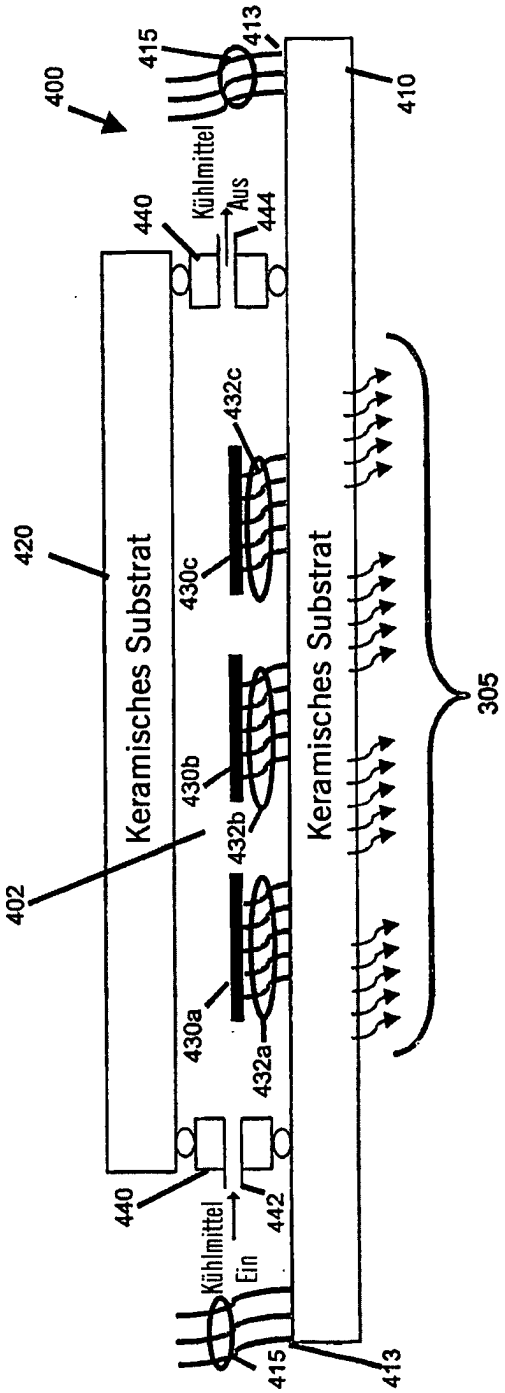

400
415
413
410
Kühlmittel
Aus
444
440
432c
420
Keramisches Substrat
430c
430b
432b
402
Keramisches Substrat
305
430a
432a
440
Kühlmittel
Ein
442
415
413

FIG. 4A

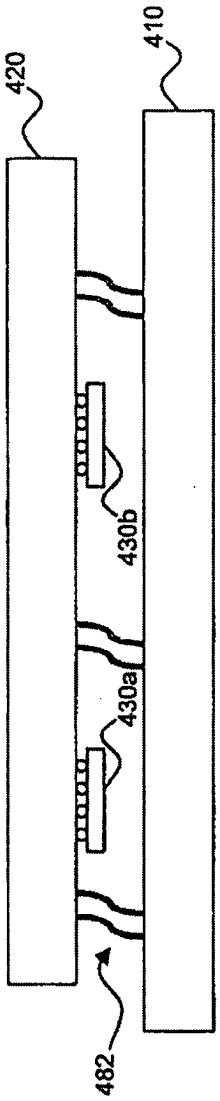


FIG. 4B

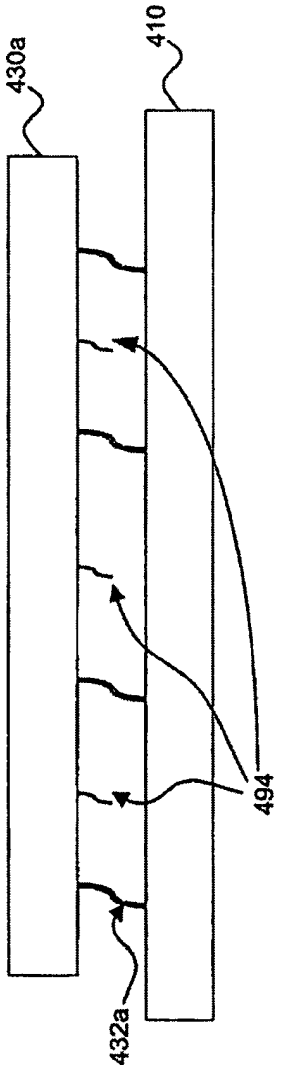


FIG. 4C

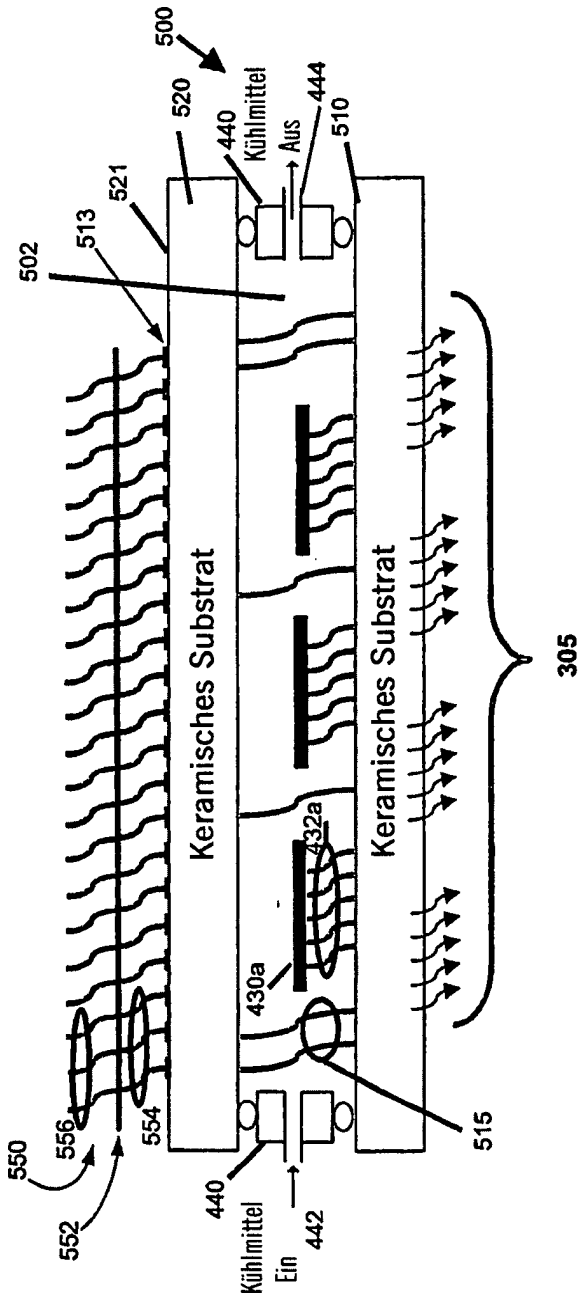

500
520
440
Kühlmittel
Aus
444
510
521
513
502
Keramisches Substrat
Keramisches Substrat
305
432a
430a
515
550
556
554
552
440
Kühlmittel
Ein
442

FIG. 5

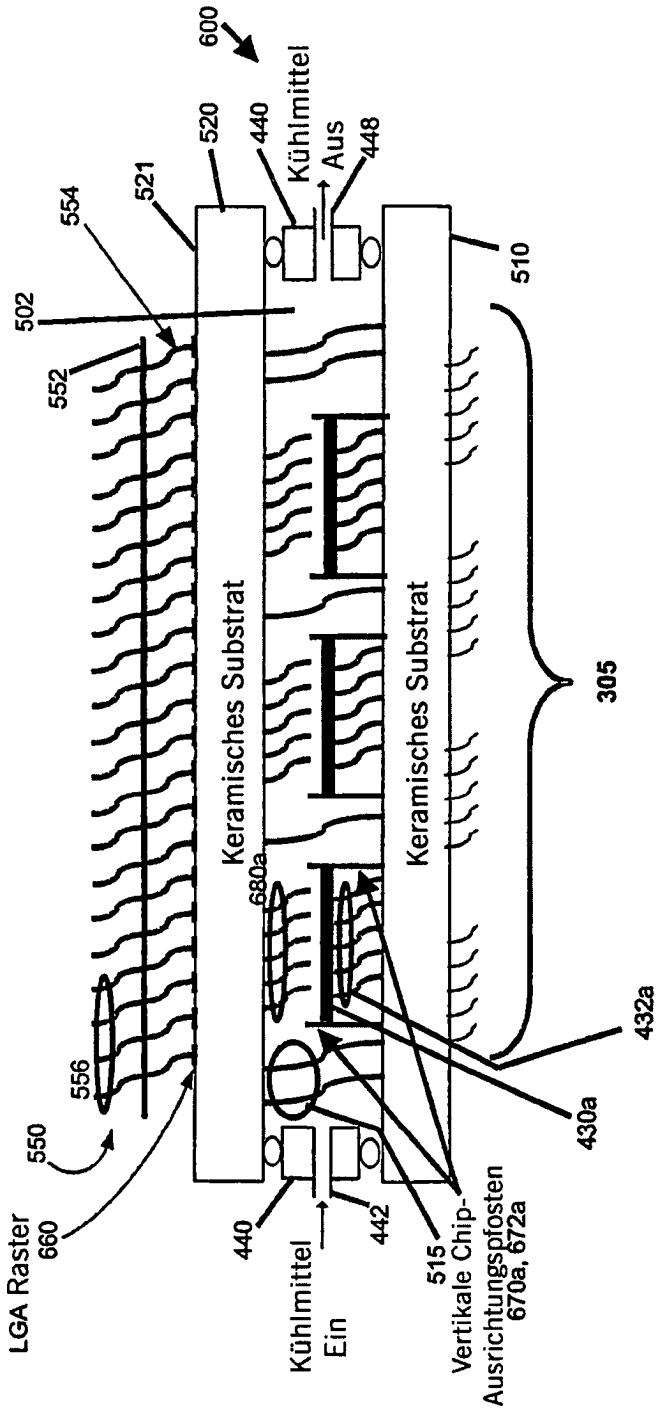

600
Kühlmittel
Aus
520
440
448
521
554
502
552
510
Keramisches Substrat
Keramisches Substrat
680a
305
432a
430a
556
550
LGA Raster
660
440
Kühlmittel
Ein
442
515
Vertikale Chip-
Ausrichtungspfosten
670a, 672a

FIG. 6

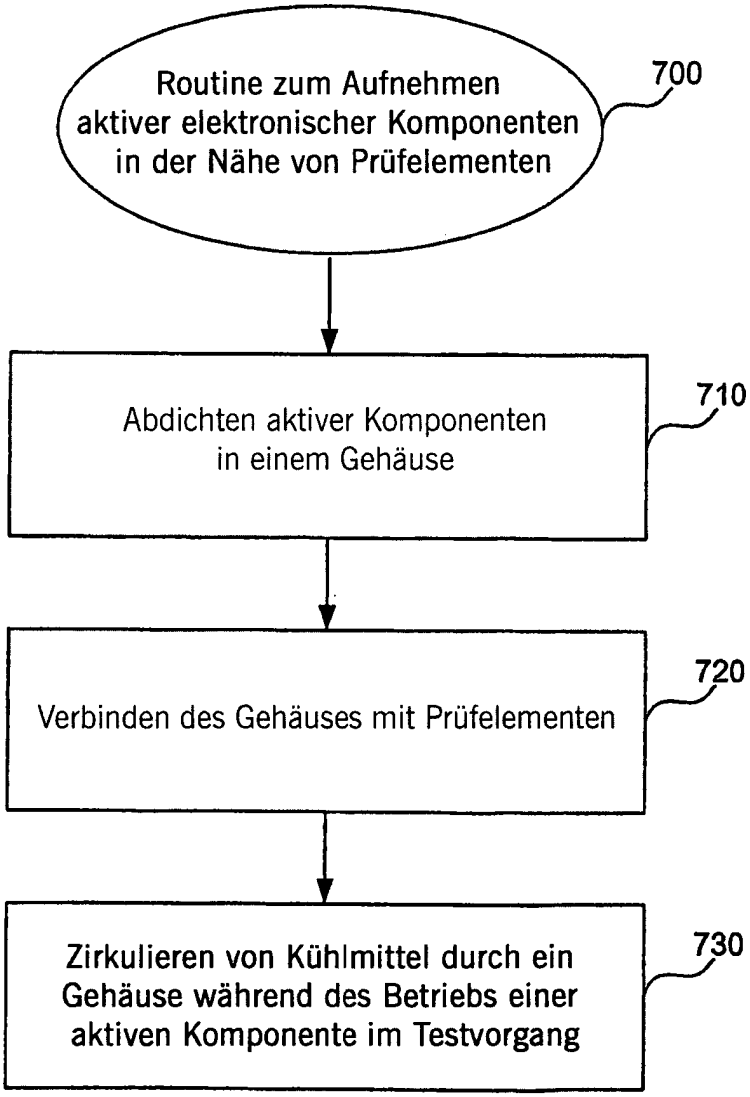

Routine zum Aufnehmen aktiver elektronischer Komponenten in der Nähe von Prüfelementen
700
Abdichten aktiver Komponenten in einem Gehäuse
710
Verbinden des Gehäuses mit Prüfelementen
720
Zirkulieren von Kühlmittel durch ein Gehäuse während des Betriebs einer aktiven Komponente im Testvorgang
730

FIG. 7

FIG. 8A

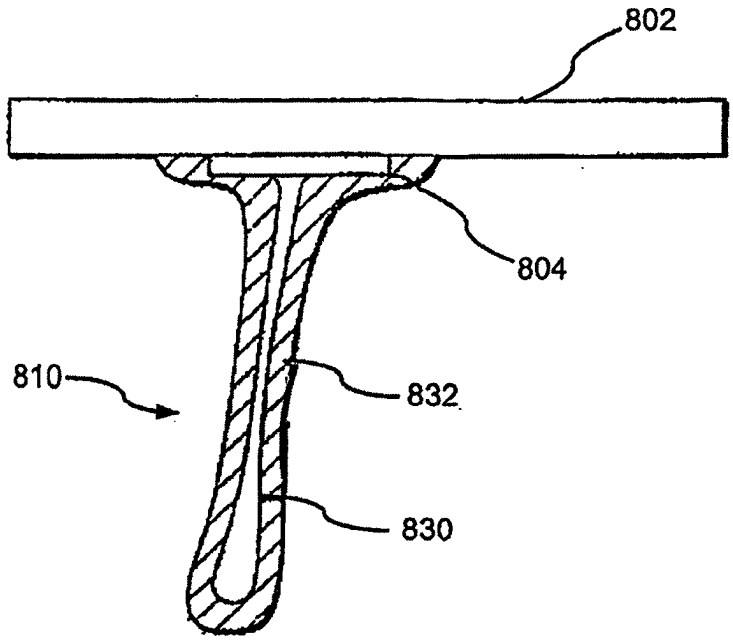


FIG. 8B

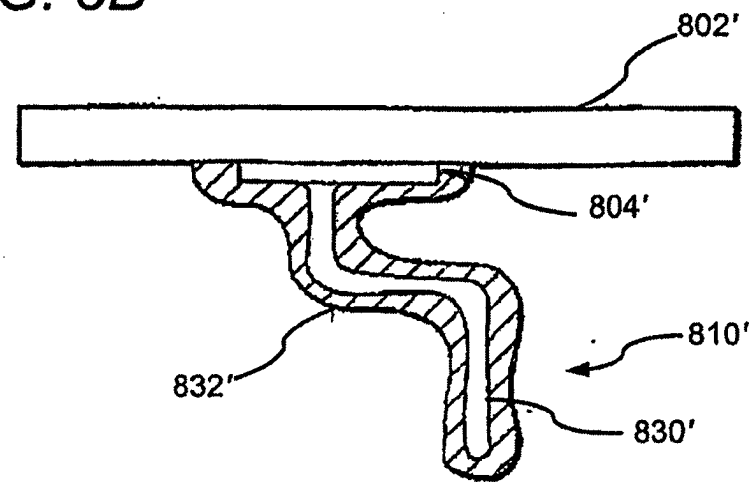


FIG. 9A

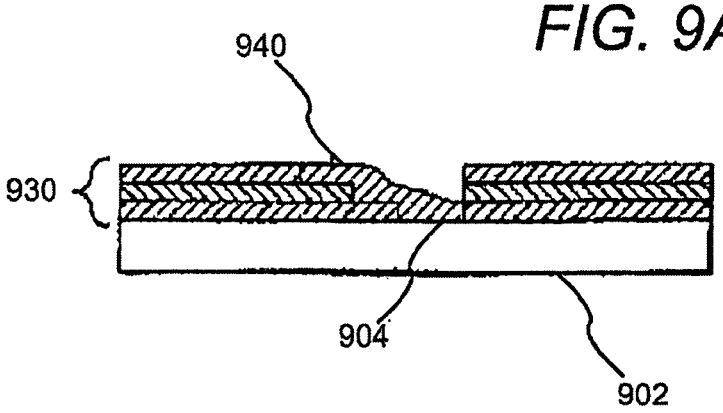


FIG. 9B

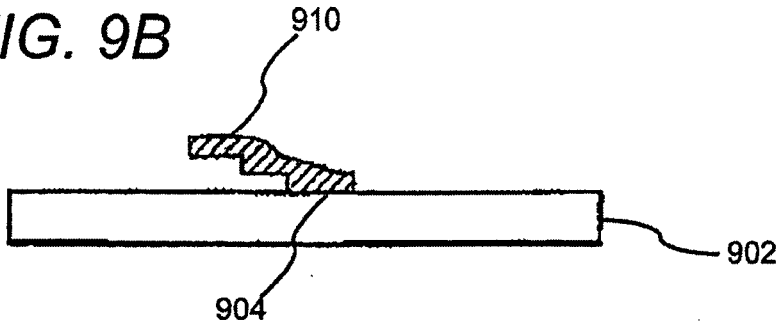


FIG. 10A

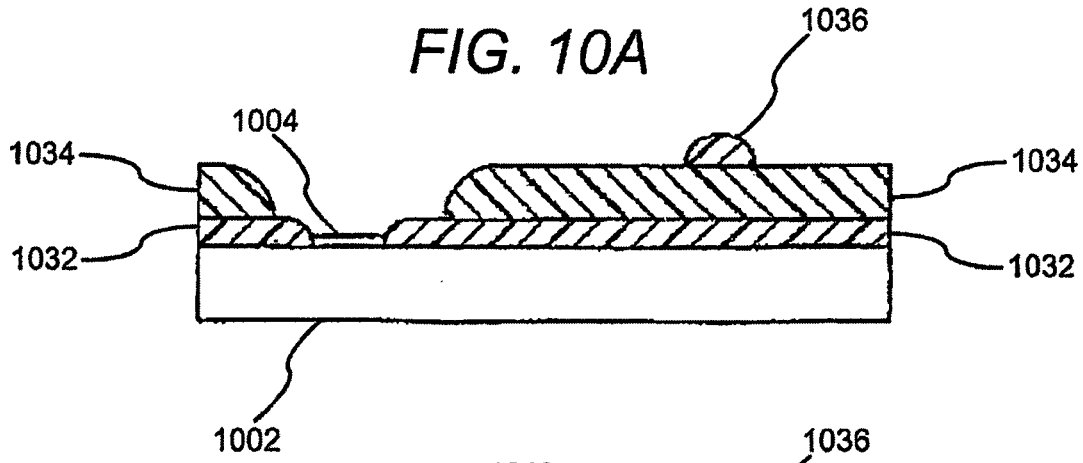


FIG. 10B

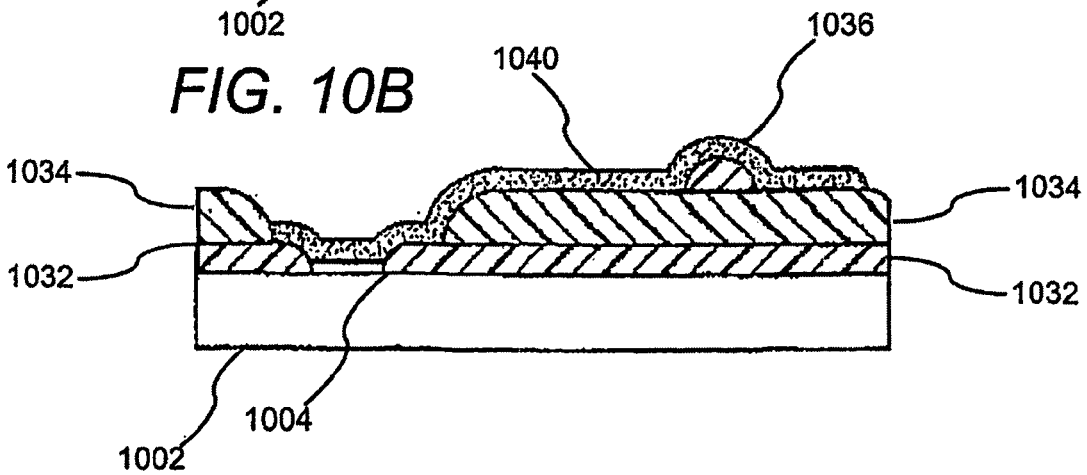


FIG. 10C

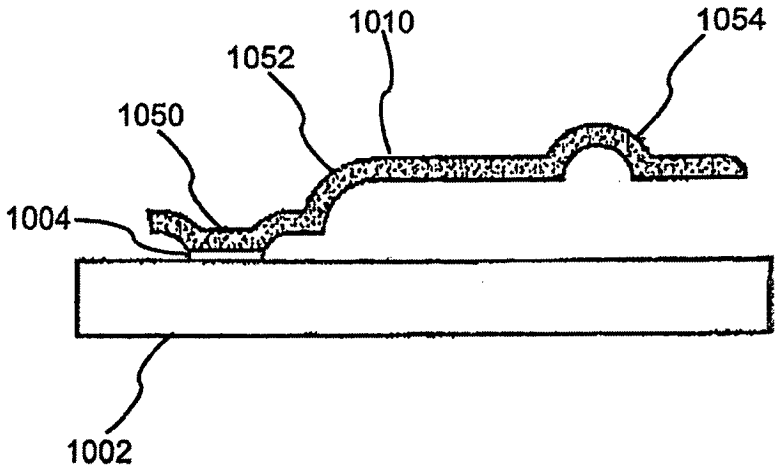
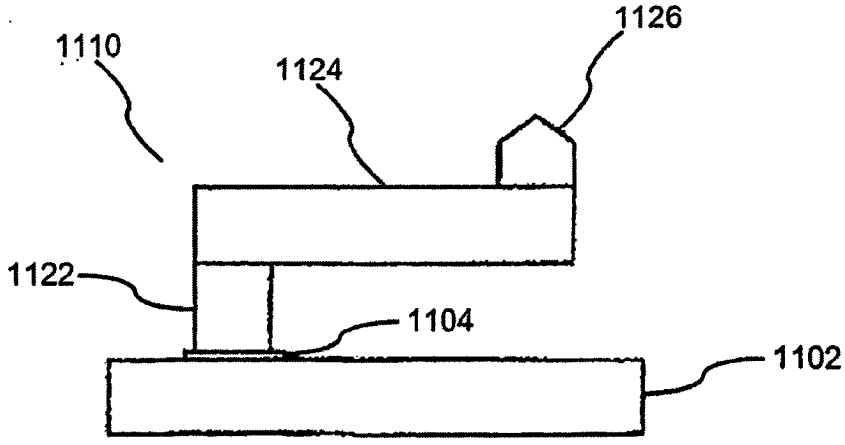


FIG. 11



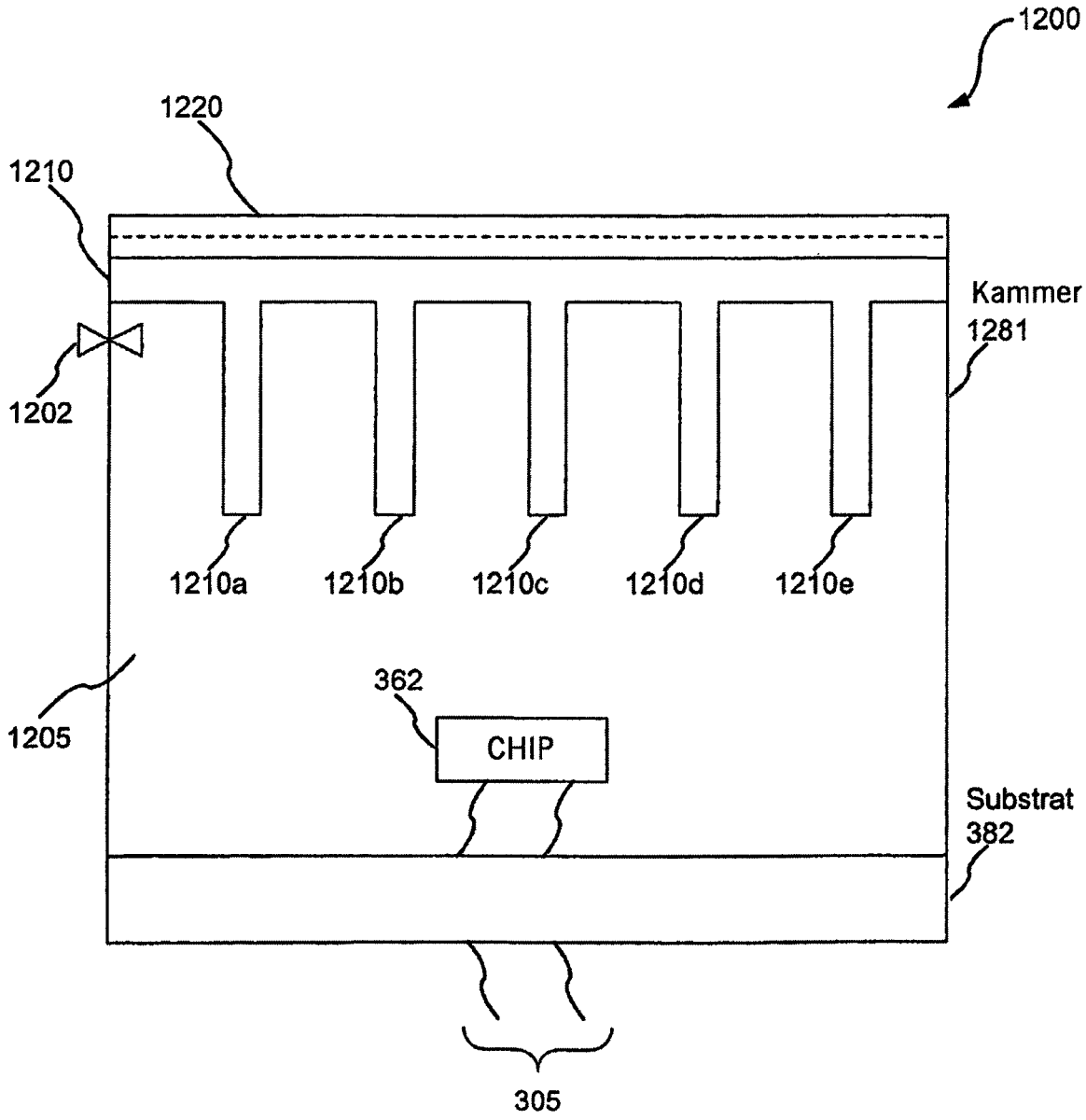

1200
1220
1210
Kammer
1281
1202
1210a
1210b
1210c
1210d
1210e
1205
362
CHIP
Substrat
382
305

FIG. 12

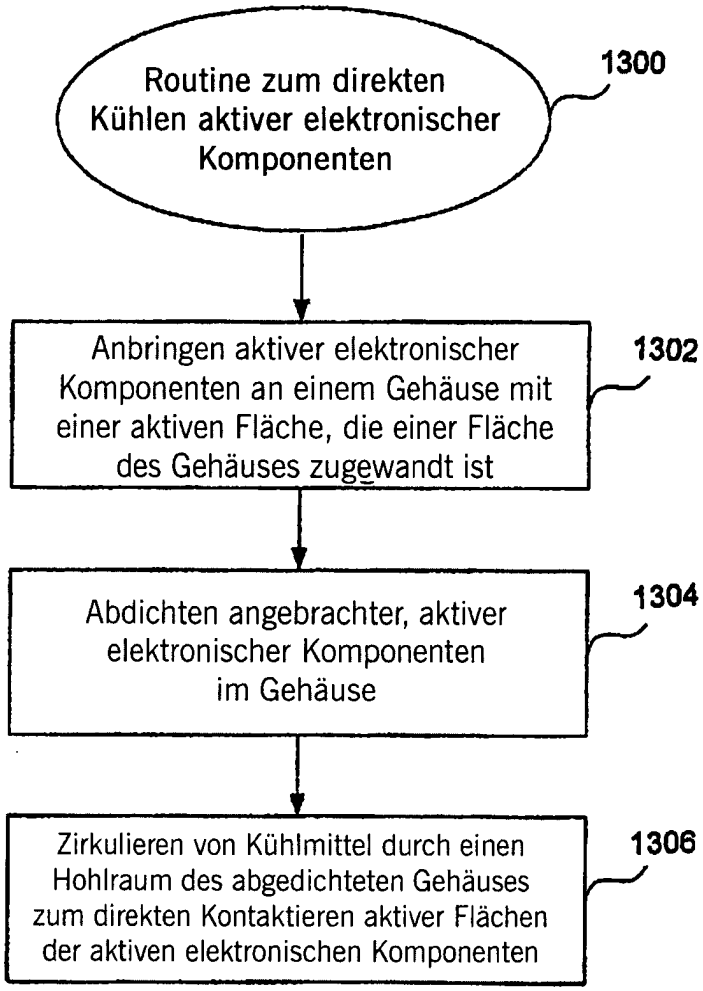

Routine zum direkten Kühlen aktiver elektronischer Komponenten
1300
Anbringen aktiver elektronischer Komponenten an einem Gehäuse mit einer aktiven Fläche, die einer Fläche des Gehäuses zugewandt ist
1302
Abdichten angebrachter, aktiver elektronischer Komponenten im Gehäuse
1304
Zirkulieren von Kühlmittel durch einen Hohlraum des abgedichteten Gehäuses zum direkten Kontaktieren aktiver Flächen der aktiven elektronischen Komponenten
1306

FIG. 13