



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2007 003 606 T5** 2010.06.10

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2009/017495**
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 003 606.0**
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2007/074727**
 (86) PCT-Anmeldetag: **30.07.2007**
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.02.2009**
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
 in deutscher Übersetzung: **10.06.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F25B 29/00** (2006.01)

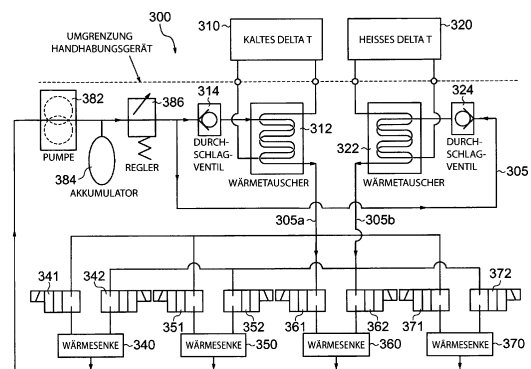
(71) Anmelder:
Advantest Corp., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 33617 Bielefeld

(72) Erfinder:
Stuckey, Larry, San Diego, Calif., US; Golnas,
Anastasios, Chicago, Ill., US; Aldaz, Robert
Edward, Saint Charles, Ill., US; Yu, David,
Bloomington, Ill., US

(54) Bezeichnung: **Temperatursteuerung für elektronische Bauelemente**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke in thermischem Kontakt mit dem Bauelement, wobei die Vorrichtung aufweist:
 einen einstellbaren kalten Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen kalten Teil des Fluids mit einer ersten Temperatur zuzuführen;
 einen einstellbaren heißen Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen heißen Teil des Fluids mit einer zweiten Temperatur zuzuführen, die höher ist als die erste Temperatur;
 und
 eine Kammer, die mit dem kalten Eingang und dem heißen Eingang verbunden ist und in welcher der kalte Teil und der heiße Teil des Fluids sich in einem kombinierten Fluidteil mischen, welcher auf die Wärmesenke auftrifft, wobei der kombinierte Fluidteil eine kombinierte Temperatur hat, die unmittelbar eine Temperatur der Wärmesenke beeinflusst;
 wobei der kalte Eingang und der heiße Eingang eingestellt sind, um die kombinierte Temperatur dynamisch zu steuern, so dass die Temperatur der Wärmesenke Änderungen in der Temperatur...



Beschreibung

HINTERGRUND

1. Gebiet der Offenbarung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft das Gebiet der Temperatursteuerung, und insbesondere das Aufrechterhalten einer Sollwerttemperatur mittels Heizen und/oder Kühlen eines elektronischen Bauelements oder einer elektronischen Komponente, typischerweise während das elektronische Bauelement oder die Komponente geprüft wird.

2. Hintergrundinformation

[0002] Elektronische Festkörperbauelemente oder -komponenten, wie beispielsweise Halbleiter, haben Leistungscharakteristiken, die in Abhängigkeit von der Temperatur variieren. Typischerweise erzeugen beispielsweise solche elektronischen Bauelemente Wärme (d. h., Selbstheizung) während des Betriebs, und wenn sich somit die interne Temperatur erhöht, verändern sich die Leistungscharakteristiken. Außerdem können elektronische Festkörperbauelemente in verschiedenen Umgebungen verwendet werden und dabei einem großen Temperaturbereich ausgesetzt sein.

[0003] Um konstante Leistungscharakteristiken sicherzustellen, ist es wünschenswert, eine relativ konstante Temperatur elektronischer Bauelemente aufrechtzuerhalten. Dies trifft insbesondere zu bei der Funktionsprüfung von elektronischen Bauelementen, um eine korrekte Funktion und die Erfüllung von Designspezifikationen sicherzustellen. Beispielsweise kann ein elektronisches Bauelement, auch als Device under Test (DUT; in der Prüfung befindliches Bauelement) bezeichnet, Belastungstests unterzogen werden, wie beispielsweise einer Kurzschlußprüfung und einer Burn-In-Prüfung, um verschiedenste Bauelementcharakteristiken zu beobachten. Während einer solchen Prüfung muß die Temperatur des DUT vergleichsweise konstant bei einer vorbestimmten Prüftemperatur oder Sollwert-Temperatur gehalten werden, damit die Ergebnisse aussagekräftig sind. Mit anderen Worten muß die Prüfeinrichtung in der Lage sein, zu bestätigen, daß bestimmte beobachtete elektrische Charakteristiken anderen Faktoren als den wechselnden Temperaturen zurechenbar sind.

[0004] Um eine konstante Temperatur aufrechtzuerhalten, sind bekannte Temperatursteuerungseinrichtungen in der Lage, Wärme zu entziehen, z. B. mittels einer Wärmesenke, sowie Wärme einzutragen, z. B. mittels einer elektrischen Heizeinrichtung. Eine Wärmesenke enthält ein Fluid mit einer Temperatur, die wesentlich niedriger ist als die Prüftemperatur des DUT. Eine Heizeinrichtung ist zwischen dem DUT

und der Wärmesenke angeordnet, und der Heizeinrichtung wird Leistung zugeführt, um die Temperatur der Oberfläche der Heizeinrichtung z. B. bis auf die für das Prüfen des DUT benötigte Prüftemperatur zu erhöhen. Die Wärmesenke gleicht jedes überschüssige Heizen aus und entzieht auch von dem DUT während des Prüfvorgangs erzeugte Wärme, soweit diese Selbstheizung die Bauelementtemperatur über die Prüftemperatur hinaus erhöht. Leistungsfluktuationen können signifikante und vergleichsweise plötzliche Selbstheizung verursachen, was es erforderlich macht, daß die Temperatursteuerung schnell und genau reagiert, um die unerwünschte Temperaturerhöhung auszugleichen.

[0005] Jedoch ist der Gesamtbetrag der Leistung, der entzogen werden kann, durch die Heizeinrichtung selbst limitiert, welche ein Maximum ihrer Leistungsdichte (oder Watt-Dichte) aufweist. Wenn beispielsweise eine Heizeinrichtung in der Lage ist, bei 500 Watt betrieben zu werden, dann kann ungefähr die Hälfte dieser Leistung durch die Wärmesenke in das kältere Fluid verlorengehen, lediglich um die Prüftemperatur aufrechtzuerhalten. So werden beispielsweise 250 Watt benötigt, um die Prüftemperatur aufrechtzuerhalten. Wenn dann die Leistung der Heizeinrichtung auf Null verringert wird in Reaktion auf dem DUT zugeführte Leistung, ist der maximale Betrag der Leistung, der dem DUT entzogen werden kann, 250 Watt. Anderenfalls wäre die Heizeinrichtung nicht in der Lage, die durch die Wärmesenke entzogene Wärme auszugleichen. Dies ist insbesondere problematisch dadurch, daß gegenwärtige Anforderungen beim Prüfen eines DUT sich auf eine Gesamtleistung von 500 Watt erhöht haben und vorhergesagt wird, daß sie in Zukunft noch höher sind. Außerdem trägt die Heizeinrichtung einen unerwünschten Wärmewiderstand bei, trägt thermische Masse bei, führt Gradienten herbei (Oberfläche mit nicht gleichförmiger Temperatur) und macht die Reaktionszeit unzureichend.

[0006] Verbesserungen sind bei diesem Typ der Temperatursteuerung schwierig zu realisieren. Beispielsweise muß die Wärmesenke geeignet auf die Heizeinrichtung abgestimmt sein, was einen davon abschrecken kann, die Effizienz der Wärmesenke zu verbessern. Das heißt, wenn die Fähigkeit der Wärmesenke, Wärme zu entziehen, verbessert wird, z. B. durch Erhöhen des Fluidflusses durch die Wärmesenke, durch Verringern der Fluidtemperatur, durch Verbessern der Rippeneffizienz und/oder durch Einsetzen eines effektiveren Fluids, müßte die Heizeinrichtungskapazität gleichfalls erhöht werden, um die Verbesserungen der Kühlfähigkeit auszugleichen und die Prüftemperatur aufrechtzuerhalten.

[0007] Andere Temperatursteuerungen sind nicht notwendigerweise von der Kombination von Wärmesenken und Heizeinrichtungen abhängig, aber sie

haben immer noch funktionale Ineffizienzen. Beispielsweise erzeugen Peltier-Einrichtungen Wärmedifferenzen aus elektrischen Spannungen und wirken sowohl als Wärmesenke als auch als Wärmequelle. Ein Nachteil von Peltier-Einrichtungen ist jedoch, daß sie nicht in der Lage sind, eine signifikante Leistung zu entziehen oder hohe Leistungsdichten handzuhaben, weil die Reaktionszeit, die benötigt wird, um dynamisch auf ein elektronisches Bauelement zu reagieren und dieser Leistung zu entziehen, unzureichend ist. Daher erfüllen die gegenwärtigen Temperatursteuerungen nicht angemessen die Anforderungen zum Aufrechterhalten einer konstanten Temperatur eines elektronischen Bauelements.

[0008] Zum Beispiel zeigt [Fig. 1](#) einen Graphen, der eine typische thermische Antwort einer herkömmlichen Temperatursteuerungseinrichtung zeigt, die zum Regeln der Temperatur eines DUT verwendet wird. Die vertikale Achse gibt die Temperatur in Grad Celsius an, und die horizontale Achse gibt den Verlauf der Zeit an, z. B. in Sekunden. Die Prüftemperatur **102**, auch als die Sollwerttemperatur bekannt, stellt die gewünschte Temperatur dar, bei der die Prüfung durchgeführt werden soll. [Fig. 1](#) zeigt eine Sollwerttemperatur von 90°C. Ebenfalls gekennzeichnet ist eine Fluidtemperatur **104**, welche die Temperatur eines beispielsweise durch eine Wärmesenke fließenden Fluids ist, welche dazu eingerichtet ist, dem DUT Wärme zu entziehen. Delta T des Fluids ist die Temperaturdifferenz zwischen der Prüftemperatur **102** und der Fluidtemperatur **104**. Die in dem beispielhaften Graphen gezeigte Fluidtemperatur **104** ist ungefähr 30°C, was dazu führen würde, daß das Delta T 70°C wäre. Wie in dem Fachgebiet bekannt ist, ermöglicht ein größeres Delta T des Fluids eine schnellere Kühlfähigkeit der Wärmesenke.

[0009] Wie gezeigt ist, wird in der Prüfumgebung Leistung sowohl einer Heizeinrichtung als auch dem DUT zugeführt. Die Leistung **110** der Heizeinrichtung beginnt auf einem Niveau (z. B. 500 Watt), welches es der Heizeinrichtung ermöglicht, eine maximale Temperatur aufrechtzuerhalten, die in diesem Beispiel als 300°C angegeben ist. Die Leistung **110** der Heizeinrichtung wird dann, während eine Bauelementleistung **112** inkrementell dem DUT hinzugefügt wird, um die erwünschten Prüfungen durchzuführen, entsprechend erniedrigt, wobei die Temperatur der Heizeinrichtung verringert wird, um die Erhöhung der Bauelementtemperatur **108** auszugleichen. Wenn jedoch einmal die Leistung **110** der Heizeinrichtung auf Null verringert ist und die Bauelementtemperatur **108** weiter ansteigt, sind die Wirkungen der Fluidtemperatur **104** der Wärmesenke nicht mehr ausreichend, um das DUT zu kühlen, um die Prüftemperatur **102** aufrechtzuerhalten, was durch die dargestellte Erhöhung der Bauelementtemperatur **108**, nachdem die Leistung **110** der Heizeinrichtung bei Null ist, gezeigt ist. Das Prüfsystem kann somit "unbrauchbar" wer-

den, weit bevor die Bauelementleistung **112** das für sachgerechtes Prüfen erforderliche Niveau erreicht hat.

[0010] Wie oben erläutert, ist eine Erhöhung des Delta T des Fluids der Wärmesenke nicht besonders wirksam oder effizient. Dies liegt daran, weil die Leistung **110** der Heizeinrichtung (und somit die Temperatur der Heizeinrichtung) erhöht werden muß, um die niedrigere Fluidtemperatur **104** auszugleichen, insbesondere wenn sich die Bauelementleistung **112** bei niedrigeren Niveaus befindet. Ein größerer Teil dieser Erhöhung der Leistung **110** der Heizeinrichtung wird zunichte gemacht durch das erhöhte Delta T des Fluids.

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0011] Gemäß einem nicht beschränkenden Merkmal der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke, die in thermischem Kontakt mit dem Bauelement ist, zur Verfügung gestellt, wobei die Vorrichtung einen einstellbaren kalten Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen kalten Teil des Fluids mit einer ersten Temperatur zuzuführen, einen einstellbaren heißen Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen heißen Teil des Fluids mit einer zweiten Temperatur zuzuführen, die höher ist als die erste Temperatur, und eine Kammer aufweist, die mit dem kalten Eingang und dem heißen Eingang verbunden ist und in welcher der kalte Teil und der heiße Teil des Fluids sich in einem kombinierten Fluidteil mischen, welcher auf die Wärmesenke auftrifft, wobei der kombinierte Fluidteil eine kombinierte Temperatur hat, die sich unmittelbar auf eine Temperatur der Wärmesenke auswirkt, wobei der kalte Eingang und der heiße Eingang eingerichtet sind, um die kombinierte Temperatur dynamisch zu steuern, derart, daß die Temperatur der Wärmesenke Änderungen der Bauelementtemperatur ausgleicht und eine Sollwerttemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält. Das Bauelement kann auch ein Halbleiter sein.

[0012] Die Vorrichtung kann weiter einen einstellbaren kalten Ausgang umfassen, der dazu eingerichtet ist, eine Menge des kombinierten Teils abzuführen, die dem von dem einstellbaren kalten Eingang zugeführten kalten Teil entspricht. Die Vorrichtung kann ferner einen einstellbaren heißen Ausgang umfassen, der dazu eingerichtet ist, eine Menge des kombinierten Teils abzuführen, die dem von dem einstellbaren heißen Eingang zugeführten heißen Teil entspricht.

[0013] Gemäß einem zweiten Merkmal der Erfindung kann die erste Temperatur in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr minus 140°C relativ zu der Sollwerttemperatur liegen, und die zweite Tempera-

tur kann in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr 75°C relativ zu der Sollwerttemperatur liegen. Mit anderen Worten kann die erste Temperatur in einem Bereich von gleich der Sollwerttemperatur bis 140°C niedriger als die Sollwerttemperatur liegen, und die zweite Temperatur kann in einem Bereich von ungefähr gleich der Sollwerttemperatur bis ungefähr 75°C höher als die Sollwerttemperatur liegen.

[0014] Gemäß einem weiteren Merkmal kann mit steigender Temperatur des Bauelements der kalte Teil erhöht werden und der heiße Teil verringert werden. Ebenfalls kann mit abnehmender Temperatur des Bauelements der kalte Teil verringert und der heiße Teil erhöht werden.

[0015] Die Vorrichtung kann auch eine Kühleinrichtung, um die erste Temperatur des kalten Teils im wesentlichen aufrechtzuerhalten, und/oder eine Heizeinrichtung, um die zweite Temperatur des heißen Teils im wesentlichen aufrechtzuerhalten, umfassen. Außerdem kann ein erster Wärmetauscher vorgesehen sein, um die erste Temperatur des kalten Teils im wesentlichen aufrechtzuerhalten; und ein zweiter Wärmetauscher kann vorgesehen sein, um die zweite Temperatur des heißen Teils im wesentlichen aufrechtzuerhalten.

[0016] Gemäß einem weiteren, nicht beschränkenden Merkmal wird ein Verfahren zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements, welches in Kontakt mit einer Wärmesenke ist, zur Verfügung gestellt, unter Verwendung eines ersten Fluids mit einer ersten Temperatur und eines zweiten Fluids mit einer zweiten Temperatur, wobei das Verfahren umfaßt: Bestimmen eines Verhältnisses von dem ersten Fluid zu dem zweiten Fluid, um ein gemischtes Fluid zu erhalten mit einer gemischten Temperatur zwischen der ersten Temperatur und der zweiten Temperatur, Mischen des ersten Fluids und des zweiten Fluids im bestimmten Verhältnis, um das gemischte Fluid zu erhalten, und Verteilen des gemischten Fluids in wenigstens einem Teil der Wärmesenke, um eine Temperatur der Wärmesenke einzustellen, um Änderungen der Temperatur des Bauelementes auszugleichen und eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechtzuerhalten. Das Mischen des ersten Fluids und des zweiten Fluids kann das Zuführen des ersten Fluids durch eine erste Zufuhröffnung, die dem ersten Fluid entspricht, und des zweiten Fluids durch eine zweite Zufuhröffnung, die dem zweiten Fluid entspricht, und das Abführen des kombinierten Fluids durch eine erste Abführöffnung, die dem ersten Fluid entspricht, und durch eine zweite Abführöffnung, die dem zweiten Fluid entspricht, in Übereinstimmung mit dem bestimmten Verhältnis umfassen. Außerdem kann die erste Temperatur geringer als die Zieltemperatur sein, und die zweite Temperatur kann größer als die Zieltemperatur sein. Darüber hinaus kann die erste Temperatur in einem Bereich von un-

gefähr Null bis ungefähr minus 140°C relativ zu der Sollwerttemperatur sein, und die zweite Temperatur kann in einen Bereich von ungefähr Null bis ungefähr 75°C relativ zu der Sollwerttemperatur sein. Mit anderen Worten kann die erste Temperatur in einem Bereich von gleich der Sollwerttemperatur bis 140°C niedriger als die Sollwerttemperatur sein, und die zweite Temperatur kann in einem Bereich von ungefähr gleich der Sollwerttemperatur bis oder ungefähr 75°C höher als die Sollwerttemperatur sein.

[0017] Gemäß einem weiteren Merkmal kann das Verhältnis des ersten Fluids zu dem zweiten Fluid derart bestimmt werden, daß es mit ansteigender Temperatur des Bauelements ansteigt, und wobei das Verhältnis des ersten Fluids zu dem zweiten Fluid so bestimmt werden kann, daß es mit abnehmender Temperatur des Bauelements abnimmt. Außerdem kann die erste Temperatur unter Verwendung einer Kühleinrichtung aufrechterhalten werden, und die zweite Temperatur kann unter Verwendung einer Heizeinrichtung aufrechterhalten werden.

[0018] Gemäß einem weiteren Merkmal der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements zur Verfügung gestellt, wobei die Vorrichtung ein Ventil, welches dazu eingerichtet ist, eine Mehrzahl von Fluidteilen mit einer entsprechenden Mehrzahl von Fluidteil-Temperaturen zu mischen, um eine kombinierte Temperatur zu erhalten, und eine Wärmesenke aufweist, die thermisch mit dem Bauelement gekoppelt ist, welche Wärmesenke eine Wärmesenktemperatur hat, die unmittelbar mit der kombinierten Temperatur in Beziehung steht, wobei proportionale Mengen der Mehrzahl von Fluidteilen eingestellt werden, um die kombinierte Temperatur und die korrelierende Wärmesenktemperatur dynamisch zu ändern, wobei Änderungen der Temperatur des Bauelements ausgeglichen werden. Die Vorrichtung kann weiter ein Wärmeleitmaterial (thermal interface material) umfassen, welches zwischen der Wärmesenke und dem Bauelement angeordnet ist, wobei die Wärmesenke über das Wärmeleitmaterial eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält.

[0019] Zusätzlich kann die Wärmesenke eine Mehrzahl von Rippen umfassen, und eine Richtung, in welcher der kombinierte Fluidteil auf die Wärmesenke auftrifft, kann allgemein senkrecht zu einer Richtung sein, in welcher die Rippen sich erstrecken.

[0020] Gemäß einem weiteren, nicht beschränkenden Merkmal der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke, die in thermischem Kontakt mit dem Bauelement ist, zur Verfügung gestellt, wobei die Vorrichtung eine einstellbare erste Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein erstes Fluid mit einer

ersten Temperatur zuzuführen, eine einstellbare zweite Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein zweites Fluid mit einer zweiten Temperatur zuzuführen, die höher als die erste Temperatur ist, eine einstellbare dritte Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein drittes Fluid mit einer dritten Temperatur zuzuführen, die höher ist als die ersten und zweiten Temperaturen, und ein Ventil aufweist (bei dem es sich um ein Scheibenventil (disk valve) handeln kann), welches dazu eingerichtet ist, einstellbare Mengen von wenigstens zweien von dem ersten Fluid, dem zweiten Fluid und dem dritten Fluid in ein kombiniertes Fluid ausströmen zu lassen, welches auf die Wärmesenke auftrifft, wobei das kombinierte Fluid eine kombinierte Fluidtemperatur hat, die sich unmittelbar auf die Temperatur der Wärmesenke auswirkt, und wobei die einstellbaren Mengen von wenigstens zweien von dem ersten Fluid, dem zweiten Fluid und dem dritten Fluid so steuerbar sind, daß die Temperatur der Wärmesenke Änderungen der Bauelementtemperatur ausgleicht und eine Sollwerttemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält.

[0021] Weiter kann das erste Fluid ein kaltes Fluid sein, das zweite Fluid kann ein Sollwertfluid sein, welches allgemein dieselbe Temperatur hat wie die Sollwerttemperatur des Bauelements, und das dritte Fluid kann ein heißes Fluid sein. Auch kann die Temperatur des Sollwertfluids näher an der Temperatur des kalten Fluids als an der Temperatur des heißen Fluids sein. Ferner können wenigstens zwei des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids Teile desselben Fluids sein, oder das erste Fluid, das zweite Fluid und das dritte Fluid können alle Teile desselben Fluids sein.

[0022] Die Vorrichtung kann weiter eine erste Fluidrückleitung und eine zweite Fluidrückleitung umfassen, wobei nach dem Auftreffen des kombinierten Fluids auf die Wärmesenke ein Teil des kombinierten Fluids über die erste Fluidrückleitung zur ersten Fluidquelle zurückgeführt werden kann und der übrige Teil des kombinierten Fluids über die zweite Fluidrückleitung zur zweiten Fluidquelle zurückgeführt werden kann.

[0023] Gemäß noch einem weiteren Merkmal kann die Einrichtung eine erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und eine zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten umfassen, die jeweils ein erstes Ventil bzw. ein zweites Ventil aufweisen und weiter jeweils eine erste Wärmesenke bzw. eine zweite Wärmesenke aufweisen, wobei wenigstens das zweite Ventil weiter dazu eingerichtet sein kann, ausschließlich das zweite Fluid ausströmen zu lassen, welches auf die zweite Wärmesenke auftrifft, und wobei, wenn die erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten eine elektrische Komponente prüft, das erste Ventil das kombinierte Fluid ausströmen läßt, welches auf die erste Wärmesenke auftrifft,

die zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten darauf wartet, eine nächste elektrische Komponente zu prüfen, und das zweite Ventil ausschließlich das zweite Fluid ausströmen läßt, welches auf die zweite Wärmesenke auftrifft.

[0024] Gemäß noch eines weiteren, nicht beschränkenden Merkmals der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements, welches in Kontakt mit einer Wärmesenke ist, zur Verfügung gestellt, unter Verwendung eines ersten Fluids mit einer ersten Temperatur, eines zweiten Fluids mit einer zweiten Temperatur und eines dritten Fluids mit einer dritten Temperatur, wobei die zweite Temperatur höher ist als die erste Temperatur und die dritte Temperatur höher ist als die zweite Temperatur, wobei die ersten, zweiten und dritten Fluide in einem jeweiligen ersten, zweiten bzw. dritten Fluidreservoir gespeichert werden, wobei das Verfahren umfaßt: Bestimmen eines Verhältnisses von wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids, um ein gemischtes Fluid mit einer gemischten Temperatur zwischen der ersten Temperatur und der dritten Temperatur zu erhalten, Ausströmenlassen, aus einem jeweiligen Reservoir, wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids in dem bestimmten Verhältnis, um das gemischte Fluid zu erhalten, Auftreffenlassen des gemischten Fluids auf wenigstens einem Teil der Wärmesenke, um eine Temperatur der Wärmesenke einzustellen, um Änderungen der Temperatur des Bauelements auszugleichen und eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechtzuerhalten. Das Ausströmenlassen wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids kann das Ausströmenlassen wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids über ein Scheibenventil umfassen.

[0025] Weiter kann das erste Fluid ein kaltes Fluid sein, das zweite Fluid kann ein Zielfluid sein, welches allgemein dieselbe Temperatur der Zieltemperatur des Bauelements aufweisen kann, und das dritte Fluid kann ein heißes Fluid sein. Weiter kann die Temperatur des Sollwertfluids näher an der Temperatur des kalten Fluids als an der Temperatur des heißen Fluids sein. Außerdem können wenigstens zwei von dem ersten Fluid, dem zweiten Fluid und dem dritten Fluid Teile des desselben Fluids sein, oder das erste Fluid, das zweite Fluid und das dritte Fluid können alle Teile desselben Fluids sein.

[0026] Das Verfahren kann auch umfassen, einen Teil des kombinierten Fluids, nach dem Auftreffen, über eine erste Fluidrückleitung zu dem ersten Fluidreservoir zurückzuführen und den übrigen Teil des kombinierten Fluids, nach dem Auftreffen, über eine zweite Fluidrückleitung zu dem zweiten Fluidreservoir zurückzuführen.

[0027] Weiter kann die Einrichtung eine erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und eine zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten umfassen, die jeweils ein erstes Ventil bzw. ein zweites Ventil aufweisen und eine jeweilige erste Wärmesenke bzw. zweite Wärmesenke aufweisen, und das Ausströmenlassen der wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids findet statt an der ersten Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten während des Prüfens einer elektrischen Komponente, und das Verfahren kann weiter umfassen: Ausströmenlassen ausschließlich des zweiten Fluids, so daß das zweite Fluid auf die zweite Wärmesenke auftrifft, während des Ausströmenlassens der wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids durch die erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und während die zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten darauf wartet, eine nächste elektrische Komponente zu prüfen. Weiter kann das Auftreffen in einer Richtung erfolgen, die allgemein senkrecht zu einer Richtung ist, in welcher sich Rippen der Wärmesenke erstrecken.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0028] Die vorliegende Offenbarung stellt unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen die nachfolgende detaillierte Beschreibung mittels nicht beschränkender Beispiele zur Verfügung, in welchen gleiche Bezugszeichen durchgehend in mehreren Ansichten der Zeichnungen ähnliche Teile darstellen, und in welchen:

[0029] [Fig. 1](#) eine beispielhafte thermische Antwort einer typischen Temperatursteuerung nach dem Stand der Technik zeigt;

[0030] [Fig. 2](#) einen Graph einer beispielhaften thermischen Antwort einer Temperatursteuerung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0031] [Fig. 3](#) ein beispielhaftes Blockdiagramm einer Temperatursteuerung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0032] [Fig. 4](#) eine beispielhafte schematische isometrische Ansicht eines thermischen Chucks einer Temperatursteuerung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0033] [Fig. 5](#) eine beispielhafte vergrößerte schematische isometrische Schnittansicht eines thermischen Chucks einer Temperatursteuerung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0034] [Fig. 6](#) ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Steuern der Temperatur eines elektronischen Bauelements gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0035] [Fig. 7](#) eine beispielhafte schematische Ansicht einer Wärmesenke gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0036] [Fig. 8](#) eine beispielhafte schematische Ansicht eines thermischen Chucks einer Temperatursteuerung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0037] [Fig. 9](#) eine beispielhafte schematische Ansicht eines Ventils einer Temperatursteuerung gemäß dem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0038] [Fig. 10](#) einen Graph des Mischens von kalten, Sollwert- und heißen Fluiden gemäß dem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0039] [Fig. 11](#) eine beispielhafte perspektivische schematische Ansicht eines thermischen Chucks gemäß dem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0040] [Fig. 12](#) eine beispielhafte schematische Seitenansicht eines dualen Chucksystems gemäß dem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0041] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Regeln der Temperatur eines elektronischen Bauelements, wie beispielsweise eines elektronischen Festkörperbauelements, welches in einer kontrollierten Umgebung geprüft wird, und welches als ein DUT (Device under test; in der Prüfung befindliches Bauteil) bezeichnet wird. In einer Ausführungsform kann die Heizeinrichtung zwischen dem DUT und einer Wärmesenke einer herkömmlichen Temperatursteuerungseinrichtung weggelassen werden. Stattdessen werden Teile einer Fluids (bei dem es sich um irgendein nicht festes Material handeln kann, einschließlich, aber nicht begrenzt auf, einer Flüssigkeit, eines Gases, Schwebstoffe (engl.: particulates), Granulate oder irgendeiner Kombination davon) mit verschiedenen jeweiligen Temperaturen in variierenden Mengenverhältnissen in einer Wärmesenke gemischt, um die Temperatur des DUT aufrechtzuerhalten und zu steuern. Alternativ können wenigstens zwei verschiedene Fluide mit verschiedenen jeweiligen Temperaturen in variierenden Mengenverhältnissen in der Wärmesenke gemischt werden, um die Temperatur des DUT aufrechtzuerhalten und zu steuern. Darüber hinaus können zwei oder mehr verschiedene Fluide in verschiedenen Aggregatzuständen in der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Beispielsweise kann gemäß einem nicht beschränkenden Merkmal der vorliegenden Erfindung ein gasförmiges Fluid mit ei-

nem flüssigen Fluid gemischt werden. Dementsprechend hat die gesamte Wärmesenke der vorliegenden Offenbarung eine geringere thermische Masse und einen geringeren thermischen Widerstand.

[0042] In einer Ausführungsform steuern ein oder mehrere Ventile das Mengenverhältnis und den Arbeitszyklus des/der in die Wärmesenke eintretenden Fluids/Fluide. Es gibt keine Beschränkung betreffend den Aufbau der Wärmesenke. Das heißt, die Effizienz und die Wärmeabföhrfähigkeit kann auf ein maximales Leistungsvermögen erhöht werden durch Erhöhen der Fluiddurchflußgeschwindigkeiten, Erhöhen des Drucks, Optimieren der Rippeneffizienz, Auswählen eines verbesserten Fluids, Erhöhen der Durchflußgeschwindigkeit, Erhöhen des Delta T (d. h., der Temperatur des Wärmesenkenfluids relativ zu einer DUT-Prüftemperatur) und dergleichen. Bezeichnenderweise wird das Prinzip eines kalten Delta T des Fluids auch auf den Heizbedarf angewandt werden (d. h., ein heißes Delta T). Das heißt, daß, anstatt zum Erhöhen der Temperatur der Wärmesenke nach Bedarf eine Heizeinrichtung zu erfordern, ein heißes Fluid mit einem großen Delta T verwendet werden wird. Darüber hinaus werden aufgrund des Weglassens der Heizeinrichtung und damit verbundener Heizeinrichtungsspuren Temperaturgradienten auf der Oberfläche der Wärmesenke praktisch beseitigt.

[0043] [Fig. 2](#) zeigt einen Graph, der eine typische thermische Antwort einer zum Regeln der Temperatur eines DUT verwendeten Temperatursteuereinrichtung gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung zeigt. Bis zum Beginn der Prüfung (SOT, Start of test) ist keine Bauelementleistung vorhanden. Die Prüftemperatur **102** ist wieder auf beispielhafte 90°C eingestellt. Außerdem gibt es eine kalte Fluidtemperatur **204** sowie eine heiße Fluidtemperatur **206**, die jeweils ein kaltes Fluid Delta T und ein heißes Fluid Delta T relativ zu der Prüftemperatur **102** zur Verfügung stellen. Eine Leistung einer Heizeinrichtung ist nicht angegeben, da keine Heizeinrichtung eingesetzt wird, um die Wirkungen des kalten Fluids in der Wärmesenke auszugleichen.

[0044] Da keine Bedenken bestehen bezüglich eines Nihilierens einer Leistung einer Heizeinrichtung, kann die kalte Fluidtemperatur **204** erheblich niedriger sein als die kalte Fluidtemperatur **104** des herkömmlichen Systems. [Fig. 2](#) stellt eine beispielhafte Ausführungsform dar, bei der die kalte Fluidtemperatur **204** als ungefähr minus 30° angegeben ist, was zu einem Delta T des kalten Fluids von ungefähr 120°C führt. In der beispielhaften Ausführungsform nach [Fig. 2](#) ist die heiße Fluidtemperatur **206** als ungefähr 200°C angegeben, was zu einem Delta T des heißen Fluids von ungefähr 110°C führt.

[0045] Das kalte Fluid und das heiße Fluid, oder kal-

te und heiße Teile desselben Fluids (d. h. eines gemeinsam umgewälzten Fluids) werden in kontinuierlich einstellbaren Mengenverhältnissen gemischt (wie weiter unten diskutiert wird), was zu einer kombinierten Wärmesenkenfluidtemperatur **209** führt. Bei allen Ausführungsformen werden die Fachleute verstehen, daß das verwendete Fluid/die verwendeten Fluids dasselbe, gemeinsam umgewälzte Fluid sein kann (wobei beispielsweise verschiedene Teile desselben Fluids erhitzt und/oder gekühlt werden), oder alternativ zwei oder mehr getrennte Fluide in separaten Reservoirs sein können und nicht miteinander in Verbindung stehen, bis sie gemischt werden. Um die Prüftemperatur **102** aufrechtzuerhalten, wird die kombinierte Wärmesenkenfluidtemperatur **209** so eingestellt, daß sie die ansteigende Leistung **112** des Bauelements (und eine entsprechende ansteigende Bauelementtemperatur) ausgleicht, wie durch den Abfall der Wärmesenkenfluidtemperatur **209** entsprechend dem Anstieg der Leistung **112** des Bauelements dargestellt ist. Auf diese Weise kann die Bauelementleistung **112** auf das maximale Prüferfordernis erhöht werden, während die Prüftemperatur **102** aufrechterhalten wird.

[0046] [Fig. 3](#) zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer beispielhaften Temperatursteuerung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung, welche in der Lage ist, die in [Fig. 2](#) gezeigte Temperatursteuerungsleistung zu erbringen. In der dargestellten Ausführungsform umfaßt eine Temperatursteuerung **300** ein geschlossenes System, das ein Fluid, z. B. Dynalene HC-10, durch eine Reihe von Wärmetauschern und Ventilen umwälzt, so daß ein Teil des Fluids durch thermische Wechselwirkung mit einem kalten Delta T Reservoir **310** auf das kalte Delta T abgekühlt wird, während ein anderer Teil des Fluids durch thermische Wechselwirkung mit einem heißen Delta T Reservoir **310** auf das heiße Delta T aufgeheizt wird. Beispielsweise sind in der dargestellten Ausführungsform das kalte Reservoir **310** und das heiße Reservoir **320** in separaten, geschlossenen Systemen eingeschlossen, die jeweils ein kaltes bzw. ein heißes Fluid durch die Wärmetauscher **312** und **322** leiten, bei denen es sich beispielsweise um Parallelflußwärmetauscher handeln kann. Es versteht sich natürlich, daß in der Temperatursteuerung **300** jede Art von Wärmetauschern eingesetzt werden kann, ohne von dem Umfang und dem Geist der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Es versteht sich weiter, daß die Bezugnahme auf die Verwendung eines Fluids in der Temperatursteuerung **300** nicht beschränkend ist und gedacht ist, auf eine Flüssigkeit, ein Gas oder eine Flüssigkeit/Gas-Kombination zuzutreffen.

[0047] Das kalte Delta T Reservoir **310** kann beispielsweise eine Kühleinrichtung umfassen, die eine Temperatur aufrechterhält, welche kalt genug ist, damit die Ausgabe des Wärmetauschers **312** das kalte Delta T ist (z. B. eine kalte Abfuhrtemperatur von mi-

nus 30°C, was ein kaltes Delta T von 120°C zur Verfügung stellt, wie in [Fig. 2](#) angegeben ist). Die Kühleinrichtung kann einstufig oder kaskadierend sein, abhängig von den Kühlerfordernissen, welche beispielsweise basierend auf der Art der Prüfung und/oder den Kundenerfordernissen variieren können. Das heiße Delta T Reservoir **310** kann beispielsweise ein Kessel (Boiler) sein, der eine Temperatur aufrechterhält, welche heiß genug ist, damit die Ausgabe des Wärmetauschers **322** das heiße Delta T ist (z. B. eine heiße Abfuhrtemperatur von 200°C, was ein heißes Delta T von 110°C zur Verfügung stellt, wie in [Fig. 2](#) angegeben ist). Es können wiederum jegliche Mittel zum Erzeugen und Aufrechterhalten der geeigneten kalten Delta T und heißen Delta T des in der Temperatursteuerung **300** verwendeten Fluids eingesetzt werden, einschließlich Kühl- und Heizsystemen, die nicht auf Wärmetauschern basieren, ohne von dem Umfang und dem Geist der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0048] Die Wärmetauscher **312** und **322** stellen die Temperatur eines Fluids ein, welches durch eine einzige Leitung **305** fließt, die das Fluid über verschiedene Verzweigungen durch Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** leitet. Jede der Wärmesenken berührt ein zugeordnetes elektronisches Bauelement (z. B. ein DUT), für welches eine Sollwerttemperatur aufrechtzuerhalten ist. In der dargestellten Ausführungsform ist die Leitung **305** ein getrenntes, geschlossenes System, welches das aus den Wärmesenken austretende Fluid zurück zu den beiden Wärmetauschern **312** und **322** beispielsweise in Mengen überführt, die proportional zu der Menge des Fluids sind, die aus den Wärmetauschern **312** und **322** ausgetreten ist.

[0049] Das Fluid kann durch die Leitung **305** mittels irgendwelcher geeigneten Mittel und irgendeinem geeignetem Druck bewegt werden. Beispielsweise pumpt in der dargestellten Ausführungsform eine Pumpe **382** (welche in einer Ausführungsform das Fluid bei ungefähr 180 PSI pumpen kann, wobei die Fachleute jedoch sofort verstehen werden, daß das Fluid mit einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeit gepumpt werden kann, abhängig von den Anforderungen des Systems) das Fluid durch die Leitung **305**, während ein Speicher (Akkumulator) **384** (welcher in einer Ausführungsform das Fluid bei ungefähr 180 PSI pumpen kann, wobei die Fachleute jedoch sofort verstehen werden, daß das Fluid mit einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeit gepumpt werden kann, abhängig von den Anforderungen des Systems) und eine Regeleinrichtung **386** (welche in einer Ausführungsform das Fluid bei ungefähr 160 PSI pumpen kann, wobei die Fachleute jedoch sofort verstehen werden, daß das Fluid mit einer höheren oder niedrigeren Geschwindigkeit gepumpt werden kann, abhängig von den Anforderungen des Systems) einen konstanten Druck innerhalb

des Systems aufrechterhalten. Das Fluid tritt in die Wärmetauscher **321** und **322** durch Ventile ein, wie beispielsweise Rückschlagventile **314** bzw. **324** mit zwei Anschlüssen (two-port check valves), die einen ordnungsgemäßen gerichteten Fluß durch die Wärmetauscher **312** und **322** sicherstellen und die Menge des in jeden der Wärmetauscher **312** und **322** eintretenden Fluids regeln.

[0050] Derjenige Teil des Fluids, der durch den Wärmetauscher **312** hindurchtritt, wird auf eine vorbestimmte kalte Temperatur gekühlt (z. B. minus 30°C), passend zu dem kalten Delta T (z. B. 120°C), wie beispielsweise durch den Graph in [Fig. 2](#) dargestellt ist. In ähnlicher Weise wird derjenige Teil des Fluids, der durch den Wärmetauscher **322** hindurchtritt, auf eine vorbestimmte heiße Temperatur (z. B. 200°C) erhitzt, passend zu dem heißen Delta T (z. B. 110°C), das ebenfalls in [Fig. 2](#) dargestellt ist. Der kalte Fluidteil und der heiße Fluidteil treten aus den Wärmetauschern **312** und **322** durch jeweilige Zweige **305a** und **305b** der Leitung **305** aus.

[0051] In der dargestellten Ausführungsform wird der kalte Fluidteil des Fluids in dem Zweig **305a** aufgeteilt, um durch vier kalte Steuerventile **341**, **351**, **361** und **371** entsprechend den vier Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** zu fließen. Der heiße Fluidteil in dem Zweig **305b** wird in gleicher Weise aufgeteilt, um durch vier heiße Steuerventile **342**, **352**, **362** und **372** entsprechend den vier Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** zu fließen. Die Steuerventile können beispielsweise pulsweitenmodulierte (PWM) analoge Durchflußsteuerventile, mikroelektromechanisches-System-(MEMS)-Durchflußsteuerventile oder dergleichen sein. Das System kann natürlich irgendeine Anzahl oder Arten von Steuerventilen umfassen, sowie entsprechende Wärmesenken, ohne von dem Umfang und dem Geist der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Beispielsweise würde in einer vereinfachten Ausführungsform die Temperatursteuerung **300** ein Steuerventil für kaltes Fluid entsprechend dem Wärmetauscher **312**, ein Steuerventil für heißes Fluid entsprechend dem Wärmetauscher **322** und eine einzige Wärmesenke umfassen.

[0052] Die kalten Steuerventile **341**, **351**, **361** und **371** sind mit den heißen Steuerventilen **342**, **352**, **362** und **372** gepaart, so daß jede Wärmesenke zwei Einlässe hat, einen für den kalten Fluidteil und einen für den heißen Fluidteil, die jeweils von einem kalten Steuerventil bzw. einem heißen Steuerventil gesteuert werden. Auf diese Weise können die Steuerventile betrieben werden, um die jeweiligen Mengen des kalten Fluidteils und des heißen Fluidteils einzustellen, um einen gemischten Fluidteil in der Wärmesenke mit einer gewünschten Temperatur zu erhalten. Beispielsweise können der kalte Fluidteil und der heiße Fluidteil sich in einer Kammer der Wärmesenke mischen.

[0053] Der gemischte Fluidteil trifft auf jede der Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** auf und steuert somit die Temperatur jeder der Wärmesenken (und somit die Temperatur der entsprechenden DUTs). Wie hier definiert wird, ist eine Auftreffrichtung eine Richtung, die sich allgemein senkrecht (d. h., normal, gezeigt als Pfeil ID) zu der Richtung der Ausdehnung von Rippen F (gezeigt als Pfeil FD) jeder Wärmesenke **340**, **350**, **360** und **370** erstreckt, wie schematisch in [Fig. 7](#) gezeigt ist. Der auftreffende und innerhalb der Rippen der Wärmesenke **340**, **350**, **360** und **370** zirkulierende gemischte Fluidteil ist allgemein als Pfeil IC gezeigt. Indem der gemischte Fluidteil auf die Wärmesenken auftrifft, werden die Wirkungen der kombinierten Temperatur direkt und effizient auf die Wärmesenken übertragen. Außerdem wird der gemischte Fluidteil gleichmäßig über die ganze jeweilige Wärmesenke verteilt, wodurch erzeugte Temperaturgradienten und andere unerwünschte Wirkungen einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung vermieden werden. Die kalten und heißen Fluidsteuerventile können in unmittelbarer Nähe zu den jeweiligen Wärmesenken angeordnet sein, um die Zeitantwort der Wärmesenken in Bezug auf Änderungen der Temperatur des auftreffenden Fluids zu erhöhen, d. h., sich einer sofortigen Zeitantwort anzunähern.

[0054] Unter Bezugnahme auf einen Satz von Steuerventilen und Wärmesenke für Erläuterungszwecke öffnen oder schließen sich die Steuerventile **361** und **362** in Antwort auf Signale, die von einem Sensor/von Sensoren (nicht gezeigt) wie beispielsweise Thermostaten empfangen werden, welche Änderungen der Temperatur der Wärmesenke **360** und/oder des daran befestigten oder auf andere Weise von der Wärmesenke **360** versorgten DUT überwachen. Die einstellbaren Mengen des kalten Fluidteils und des heißen Fluidteils von dem Paar der Steuerventile **361** und **362** mischen sich in einem gewünschten Verhältnis und treffen auf die Wärmesenke **360** auf, wie oben beschrieben wurde. Das Einstellen der Durchflußgeschwindigkeiten der Steuerventile **361** und **362** kann lokal an den Ventilen gesteuert werden oder kollektiv durch ein zentrales Steuerungsverarbeitungssystem (central control processing system) gesteuert werden, welches Durchflußgeschwindigkeits- und Positionsdaten von den Ventilen und Temperaturdaten von den Wärmesenken und/oder DUTs empfangen kann, ohne von dem Geist oder dem Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

[0055] In einer Ausführungsform ist die Wärmesenke **360** an einem Wärmeleitmaterial (thermal interface material) angebracht, wie beispielsweise einem Wärmeleitmaterial **420** ([Fig. 5](#)), welches das DUT berührt und eine effizientere und einheitlichere Temperaturverteilung über den DUT ermöglicht. Das Wärmeleitmaterial kann beispielsweise Kohlenstoffnanoröhrchen auf einer metallischen Substratstruktur umfassen.

[0056] Die Temperatur des gemischten Fluidteils ist einstellbar als eine Funktion der Mengen jedes Fluids, denen erlaubt wird, in die Wärmesenke **360** durch jedes der einstellbaren Steuerventile **361** und **362** einzutreten, wie es erforderlich ist, um die Sollwerttemperatur des DUT aufrechtzuerhalten. Wenn beispielsweise die Temperatur des mit der Wärmesenke **360** gekoppelten DUT zu steigen beginnt, z. B. in Antwort auf eine erhöhte Leistungszuführung zu dem DUT, muß die Temperatur der Wärmesenke **360** verringert werden, um dieser Änderung entgegenzuwirken. Dementsprechend wird das kalte Fluidsteuerventil **361** inkrementell geöffnet und/oder das heiße Fluidsteuerventil **361** inkrementell geschlossen, basierend auf von dem Sensor/den Sensoren der Wärmesenke **360** empfangenen Signalen, die den Temperaturanstieg anzeigen. Wenn umgekehrt die Temperatur des an der Wärmesenke **360** angebrachten DUT zu fallen beginnt, muß die Temperatur der Wärmesenke **360** erhöht werden, und somit wird das kalte Fluidsteuerventil **361** inkrementell geschlossen, und/oder das heiße Fluidsteuerventil **361** wird inkrementell geöffnet. Jede der Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** kann zugeordnete Sensoren haben, um Variablen, welche die DUTs beeinflussen können, auszugleichen. Beispielsweise können die DUTs leicht unterschiedliche thermische Eigenschaften haben, oder die Zeitsteuerung der verschiedenen Prüfungen kann sich unterscheiden.

[0057] Der gemischte Fluidteil tritt aus jeder der Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** aus und wird durch die Leitung **305** zu den Wärmetauschern **312** und **322** zurückgeführt. Der Prozeß des getrennten Kühlens und Heizens von Teilen des Fluids und des Einstellens des Verhältnisses der gemischten kalten und heißen Fluidteile wird fortgesetzt basierend auf dem Überwachen jeder DUT- und/oder Wärmesenken-Temperatur.

[0058] In einer Ausführungsform kann das gemischte Fluid aus jeder der Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** durch separate kalte und heiße Auslässe und/oder Ventile austreten, welche den kalten und heißen Einlässen entsprechen. Wie die kalten und heißen Einlässe sind die kalten und heißen Auslässe beispielsweise einstellbar, so dass ein Mengenverhältnis des aus jedem der kalten und heißen Auslässe austretenden gemischten Fluidteils dem Mengenverhältnis des in die Einlässe eintretenden kalten oder heißen Fluidteils entspricht. Alternativ oder zusätzlich zum Steuern des Mengenverhältnisses des aus jeder der Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** austretenden gemischten Fluidteils kann die Menge des gemischten Fluids, das in jede der Wärmetauscher **312** und **322** eintritt, in gleicher Weise durch die Rückschlagventile **314** bzw. **324** gesteuert werden, so dass die Menge des zu jedem der Wärmetauscher **312** und **322** zurückfließenden gemischten Fluids proportional zu den entsprechenden Mengen der in

die Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** eintretenden kalten und heißen Fluidteile ist. Auf diese Weise wird von den Wärmetauschern **312** und **322** allgemein gefordert, eine proportionale Menge des gesamten Fluids zu kühlen bzw. zu heizen, wie es durch die allgemeinen gegenwärtigen Erfordernisse zum Aufrechterhalten der DUT-Temperaturen vorgegeben ist, so dass sich die Effizienz des Systems erhöht.

[0059] Weiter kann der aus den getrennten kalten und heißen Auslässen austretende gemischte Fluidteil separat zu den jeweiligen Wärmetauschern **312** und **322** durch separate Leitungen zurückgeführt werden. Wenn beispielsweise der auf die Wärmesenke **360** auftreffende gemischte Fluidteil zu 65% kaltes Fluid und zu 35% heißes Fluid ist, dann treten 65% des gemischten Fluids aus der Wärmesenkenbaugruppe durch die kalte Rückleitung und 35% des gemischten Fluids durch die heiße Rückleitung aus. Wiederum wird von dem Wärmetauscher **312** und dem Wärmetauscher **322** angefordert, eine proportionale Menge des Gesamtfluids zu kühlen bzw. zu heizen, und somit wird die Effizienz des Systems erhöht.

[0060] In einer weiteren Ausführungsform werden der kalte Fluidteil und der heiße Fluidteil an der Wärmesenke nicht im wörtlichen Sinne gemischt, sondern übertragen thermische Energie auf die Wärmesenke, während sie in separaten Leitungen verbleiben. Beispielsweise tritt der von dem heißen Delta T Reservoir **320** umgewälzte heiße Fluidteil durch die Wärmesenke (z. B. Wärmesenke **360**) hindurch, überträgt Wärme an die Wärmesenke, z. B. über einen Wärmesenkenwärmetauscher (nicht gezeigt), und kehrt zu dem Wärmetauscher **322** zurück (entsprechend dem heißen Delta T Reservoir **320**). Entsprechend können der Wärmetauscher **322**, die heißen Eingangssteuerventile **342**, **352**, **362** und **372** und die entsprechenden heißen Ausgangssteuerventile und heißen Rückleitungen (nicht gezeigt) als separate geschlossene Systeme arbeiten. In gleicher Weise können der Wärmetauscher **312** (entsprechend dem kalten Delta T Reservoir **310**), die kalten Eingangssteuerventile **341**, **351**, **361** und **371**, und die entsprechenden kalten Ausgangssteuerventile und Rückleitungen (nicht gezeigt) als ein geschlossenes System arbeiten. Diese Ausführungsform ermöglicht auch die Verwendung getrennter Fluide und/oder verschiedener Fluidarten zum Zurverfügungstellen des kalten Delta T und des heißen Delta T.

[0061] Wenn der Kühlkreis und der Heizkreis der Temperatursteuerungseinrichtung durch separate Rückleitungen und nicht durch Mischen der heißen und kalten Fluidteile separat gehalten werden, können ferner die Wärmetauscher **312** und **322** weggelassen werden. Somit kann das kalte Fluid in dem kalten Delta T Reservoir **310**, welches beispielsweise

von einer Kühleinrichtung gekühlt wird, direkt in einer gesteuerten Menge zu den Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** übertragen werden, und eine proportionale Menge des Fluids wird zu dem kalten Delta T Reservoir **310** durch die kalte Rückleitung zurückgeführt werden. In gleicher Weise kann das heiße Fluid in dem heißen Delta T Reservoir **320**, welches beispielsweise von einem Kessel (Boiler) geheizt wird, direkt zu den Wärmesenken **340**, **350**, **360** und **370** übertragen werden, und eine proportionale Menge des Fluids wird wieder über die heiße Rückleitung aufgefüllt. Auf diese Weise werden das kalte Delta T Reservoir **310** und das heiße Delta T Reservoir **320** wieder aufgefüllt entsprechend der aus den jeweiligen Reservoiren direkt entnommenen Menge des Fluids.

[0062] Weiter kann in einer alternativen Ausführungsform das Verhältnis von kalten und heißen Fluids durch eines oder mehrere einzelne thermische Chucks gesteuert werden, welche im allgemeinen gleichzeitig die Mengen der kalten und heißen Fluide einstellen, die gemischt werden und auf eine Wärmesenke auftreffen. Wie in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) gezeigt ist, stellt beispielsweise ein thermischer Chuck **400** für eine einzelne Wärmesenke **415** die Menge des in den thermischen Chuck durch einen kalten Einlaß **410** und einen separaten heißen Einlaß **420** eintretenden Fluids durch Betätigung eines Ventils **424** ein (einschließend, aber nicht beschränkt auf, ein Scheibenventil (disk valve)). Der thermische Chuck **400** umfaßt auch eine kalte Rückführung **412** und eine heiße Rückführung **422**, die jeweils dem kalten Einlaß **410** und dem heißen Einlaß **420** entsprechen. Die Fluidteile, die sich mischen und auf die Wärmesenke **415** auftreffen, können somit aus dem thermischen Chuck **400** durch die kalte Rückführung **412** und die heiße Rückführung **422** in dem selben Verhältnis von kalt zu heiß austreten wie das durch den kalten Einlaß **410** und den heißen Einlaß **420** eintretende Fluid, wie oben erläutert wurde. Weiter kann die vorliegende Erfindung eine Mehrzahl von miteinander verbundenen thermischen Chucks **400** verwenden, ähnlich der in [Fig. 3](#) gezeigten Anordnung.

[0063] Der thermische Chuck **400** berührt, und kann anbringbar sein daran, einen Chip (Die) (z. B. das DUT **406**) auf einem Substrat **405** über einen kardatischen Rahmen (gimbal) **430**, der Flexibilität bei der Positionierung zur Verfügung stellt. Wie insbesondere in [Fig. 5](#) gezeigt ist, trifft das hereinkommende gemischte Fluid auf die Wärmesenke **415** durch Mischen in einer Kammer **417** und kann in der Wärmesenke **415** durch interne Kanäle der Kammer **417** zirkulieren. Die Wärmesenke **415** wechselwirkt mit der Oberfläche des DUT **406** beispielsweise über das Wärmeleitmaterial **420**, welches einen effizienten und gleichmäßigen Temperatureaustausch ermöglicht, wie oben erläutert wurde. In einer Ausführungsform tritt das Fluid in den thermischen Chuck **400** in

einstellbaren Teilen durch den kalten Einlaß **410** und den heißen Einlaß **420** ein und trifft kontinuierlich auf die Wärmesenke **415** auf. Das Fluid verläßt den thermischen Chuck **400** durch die kalte Rückführung **412** und die heiße Rückführung **422**, wie oben erläutert wurde.

[0064] Es versteht sich natürlich, dass jedes Verfahren des Übertragens von thermischer Energie von Fluiden mit verschiedenen Temperaturen (d. h. zum Aufrechterhalten eines kalten Delta T und eines heißen Delta T), um die Temperatur einer Wärmesenke zu steuern, hier eingesetzt werden kann, ohne den Umfang und den Geist der vorliegenden Erfindung zu verändern. Es versteht sich weiter, dass die Fluide jede Anzahl von verschiedenen Temperaturen haben können. Beispielsweise kann in einer Ausführungsform der Erfindung das durch die Leitung **305** schließende Fluid in drei oder mehr Teile aufgeteilt sein, von denen jeder ein unterschiedliches Delta T hat, und die in verschiedensten Mengenverhältnissen gemischt werden können, um eine gewünschte Temperatur eines gemischten Fluidteils zu erreichen.

[0065] **Fig. 6** zeigt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Steuern der Temperatur eines elektronischen Bauelements gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung. In Schritt S602 wird eine gewünschte oder eine Ziel-Temperatur eingestellt, die die Temperatursteuerung aufrechterhalten soll. Die Zieltemperatur kann eine Sollwerttemperatur sein, bei der ein DUT zu prüfen ist (z. B. 90°C). Alternativ kann die Zieltemperatur eine wünschenswerte Temperatur (oder ein Temperaturbereich) sein, bei der eine elektronische Komponente in einer Betriebsumgebung arbeiten soll.

[0066] In Schritt S604 wird die tatsächliche Temperatur des elektronischen Bauelements (z. B. des DUT) und/oder der Wärmesenke, die in Kontakt mit dem elektronischen Bauelement ist, gemessen. Die gemessene Temperatur wird dann mit der gewünschten Temperatur verglichen. Wenn die zwei Temperaturen gleich sind, wird keine Anpassung an der Fluidmischung der Wärmesenke vorgenommen, und der Prozeß kehrt zu Schritt S604 zurück, um aktualisierte Temperaturdaten zu empfangen.

[0067] Wenn die tatsächliche Temperatur niedriger ist als die Solltemperatur, wird in Schritt S612 die Menge des durch die Wärmesenke fließenden heißen Fluids erhöht und/oder die Menge des durch die Wärmesenke fließenden kalten Fluids verringert, und somit wird die Temperatur der Wärmesenke erhöht. Wenn die tatsächliche Temperatur größer ist als die Solltemperatur, wird in Schritt S610 die Menge des durch die Wärmesenke fließenden kalten Fluids erhöht und/oder die Menge des durch die Wärmesenke fließenden heißen Fluids verringert, und somit wird die Temperatur der Wärmesenke verringert. In bei-

den Fällen kehrt der Prozeß, nachdem die Durchflüsseinstellungen vorgenommen wurden, zu Schritt S604 zurück, um aktualisierte Temperaturdaten zu empfangen, und die nachfolgenden Schritte werden wie erforderlich wiederholt.

[0068] **Fig. 8** zeigt eine schematische Ansicht eines thermischen Chucks **500** gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Diese Ausführungsform verwendet drei Fluidquellen (auch als Reservoirs bezeichnet), nämlich eine kalte Fluidquelle **510**, eine Sollwertfluidquelle **513** und eine heiße Fluidquelle **520**. Das Fluid in der Sollwertfluidquelle **513** ist auf eine Temperatur eingestellt, die höher ist als die des Fluids in der kalten Fluidquelle **510**. Insbesondere ist das Fluid in der Sollwertfluidquelle **513** auf eine Temperatur eingestellt, die allgemein gleich der Sollwerttemperatur eines DUT ist (unter Berücksichtigung der potentiell durch den thermischen Chuck **500** auftretenden thermischen Verluste). Wenn z. B. der Sollwert des DUT 80°C ist, kann die Temperatur des Fluids in der Sollwertfluidquelle **513** auf z. B. 85°C eingestellt sein. Weiter ist die Temperatur des Fluids in der heißen Fluidquelle auf eine Temperatur eingestellt, die höher ist als die des Fluids in der Sollwertfluidquelle **513**. Zwecks erhöhter Energieeffizienz kann die Sollwertfluidtemperatur näher an der kalten Fluidtemperatur als an der heißen Fluidtemperatur sein. Obwohl **Fig. 8** drei Fluidquellen mit drei verschiedenen Temperaturen **510**, **513**, **520** zeigt, wird es von den Fachleuten verstanden, dass in alternativen Ausführungsformen mehr als drei Fluidquellen mit mehr als drei verschiedenen Temperaturen verwendet werden können. Wenn beispielsweise das System dazu eingerichtet sein sollte, drei DUTs bei drei verschiedenen Sollwerttemperaturen zu prüfen, kann das System eine kalte Fluidquelle, eine erste Sollwertfluidquelle, eine zweite Sollwertfluidquelle, eine dritte Sollwertfluidquelle und eine heiße Fluidquelle umfassen, insgesamt also fünf verschiedene Fluidquellen, die jeweilige Fluids mit fünf verschiedenen Temperaturen enthalten.

[0069] Wie in **Fig. 8** gezeigt ist, verbindet eine Leitung **505** die drei Fluidquellen **510**, **513**, **520** mit der Wärmesenke **515**. Insbesondere tritt kaltes Fluid durch eine kalte Fluidleitung **505a** und wird über einen Verteiler (manifold) **580**, wo das kalte Fluid mit einem Ventil **524** (einschließlich eines Scheibensventils, aber nicht beschränkt darauf) in Verbindung steht, durch den thermischen Chuck **500** geleitet. Weiter tritt Sollwertfluid aus der Sollwertquelle **513** aus, um über eine Leitung **505b** in die heiße Fluidquelle **520** einzutreten. Sobald das Sollwertfluid in der heißen Quelle **520** eine vorbestimmte heiße Temperatur erreicht hat, tritt das heiße Fluid durch die Leitung **505b** hindurch und wird über den Verteiler **580** durch den thermischen Chuck **500** geleitet, wo das heiße Fluid mit dem Ventil **524** in Verbindung steht. Sollwertfluid, welches nicht zu der heißen Fluidquelle

520 geleitet wird, tritt durch eine Leitung **505s** hindurch und wird über den Verteiler **580** durch den thermischen Chuck **500** geleitet, wo das Sollwertfluid mit dem Ventil **524** in Verbindung steht. Während des Prüfens des DUT kann sich zwecks erhöhter Energieeffizienz das Sollwertfluid ausschließlich mit kaltem Fluid mischen. Mit anderen Worten führt ein Weglassen des direkten Mischens von kaltem und heißem Fluid zu einer erhöhten Energieeffizienz, da ein direktes Mischen von kaltem und heißem Fluid zu einem beträchtlichen Energieverbrauch führt und zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Temperaturgradienten über die Wärmesenke **515**.

[0070] **Fig. 9** zeigt schematisch ein Scheibenventil **524** in Verbindung mit der kalten Fluidleitung **505a**, der Sollwertfluidleitung **505s** und der heißen Fluidleitung **505b**. Das Ventil **524** ist vorzugsweise unmittelbar oberhalb der Wärmesenke montiert und ist um entweder 180° oder 360° drehbar, um eine gewünschte Mischung aus kaltem Fluid, Sollwertfluid und heißem Fluid ausströmen zu lassen, so dass ein kombiniertes Fluid einer vorbestimmten Temperatur auf die Wärmesenke **515** (in **Fig. 8** gezeigt) auftreffen kann. Insbesondere wird, in einer nicht beschränkenden Ausführungsform, wenn das Ventil **524** bei 0° der Drehung ist, kaltes Fluid ausströmen gelassen; wenn das Ventil bei 90° der Drehung ist, wird Sollwertfluid ausströmen gelassen; wenn das Ventil bei 180° der Drehung ist, wird heißes Fluid ausströmen gelassen; und wenn das Ventil bei 270° der Drehung ist, wird Fluid, welches bereits auf die Wärmesenke **515** aufgetroffen ist, über eine Rückleitung **505R** (in **Fig. 8** gezeigt) zurückgeleitet, so dass es ermöglicht wird, dass Fluid mit einer allgemein konstanten Geschwindigkeit ausströmt. Auf diese Weise ist das Ventil **524** vorzugsweise an der Verbindung der Fluidzuführleitungen **505a**, **505s** und **505b** angeordnet. Für eine optimal schnelle Temperaturantwort ist es bevorzugt, dass das Mischen der Fluide an dem Einlass der Wärmesenke stattfindet, um eine Fluidtransitzeit zu minimieren. Ferner benötigen bei der oben beschriebenen Konfiguration die Wärmesenke **515** und die Mischkammer **517** (in **Fig. 11** gezeigt) lediglich einen einzigen Einlass und einen einzigen Auslass. Weiter werden Probleme mit der Inkompressibilität des Fluids verringert aufgrund der unmittelbaren Nähe des Mischens des Fluids zu der Wärmesenke **515**. Darüber hinaus verringert die oben beschriebene Konfiguration Probleme mit der Reproduzierbarkeit und Hysterese.

[0071] **Fig. 10** ist Graph, der das Mischen von kalten, Sollwert- und heißen Fluiden in Beziehung zu der Betätigung des Ventils **524** zeigt. Insbesondere zeigt **Fig. 10**, dass der kombinierte Durchfluß bei einer konstanten Geschwindigkeit von annähernd zwei Litern pro Minute liegt; die Fachleute werden jedoch verstehen, dass diese Geschwindigkeit größer oder geringer als zwei Liter pro Minute sein kann und vari-

iert werden kann, anstatt konstant zu sein.

[0072] **Fig. 8** zeigt, dass aufgetroffenes Fluid aus der Rückleitung **505R** über eine Sollwertfluidrückleitung **505sR** zu der Sollwertfluidquelle **513** zurückgeführt wird und ebenfalls über eine kalte Fluidrückleitung **505aR** zu der kalten Fluidquelle **510** zurückgeführt wird. Mit anderen Worten, während der thermische Chuck mit drei Fluidzuführleitungen **505a**, **505s**, **505b** versorgt wird, können von dem thermischen Chuck nur zwei Fluidrückleitungen **505aR**, **505sR** (oder **505aR**, **505bR**; oder **505sR**, **505bR**) zugeführt werden. **Fig. 11** zeigt jedoch eine schematische perspektivische Ansicht des thermischen Chucks **500** mit drei dem thermischen Chuck zugeführten Fluideinspeiseleitungen **505a**, **505s**, **505b** und drei von dem thermischen Chuck zugeführten Rückleitungen **505aR**, **505sR**, **505bR**. Die Fachleute werden verstehen, dass in alternativen Ausführungsformen lediglich eine Fluidrückleitung von dem thermischen Chuck zugeführt sein mag. Ferner besteht, nachdem das kombinierte Fluid auf die Wärmesenke **515** aufgetroffen ist, kaum ein Temperaturunterschied zwischen dem Sollwertfluid und dem heißen Fluid, so dass die Sollwertfluidrückleitung **505sR** neben der heißen Fluidrückleitung **505bR** auf dem oberen Abschnitt des thermischen Chucks **500** angeordnet ist, so dass kaum ein thermischer Verlust auftritt. Zusätzlich könnte die oben erwähnte kombinierte Fluidrückführung entweder intern in oder extern zu dem Chuck **500** durchgeführt werden.

[0073] Obwohl die kalte Fluidquelle **510** und die Sollwertquelle **513** vorzugsweise Fluid bei annähernd konstanten 30 Litern pro Minute umwälzen können, wird es von den Fachleuten verstanden, dass andere geeignete unterschiedliche Fluidumwälzgeschwindigkeiten eingesetzt werden können, und dass die Umwälzgeschwindigkeit variiert werden kann, anstatt konstant zu sein. Ferner sind, wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, kalte, Sollwert- und heiße Leitungen beispielsweise einstellbar, so dass ein Mengenverhältnis des in jede der kalten, Sollwert- und heißen Leitungen eintretenden gemischten Fluidteils dem Mengenverhältnis der aus den Leitungen austretenden eintretenden kalten, Sollwert- oder heißen Fluidteilen entspricht.

[0074] Es wird angemerkt, dass in der vorliegenden Erfindung eine Mehrzahl von thermischen Chucks **400**, **500** (mit einer Mehrzahl von Wärmesenken **415**, **515**) in einer in **Fig. 3** gezeigten Weise verwendet werden kann, und das dadurch hindurchtretende Fluid kann seriell oder parallel verbunden sein. Diesbezüglich zeigt **Fig. 8** schematisch einen Block zusätzlicher thermischer Chucks **500n** zum Anschließen an den thermischen Chuck **500**.

[0075] Bei vielen Verwendungen ist es gebräuchlich, mehr als einen thermischen Chuck **400**, **500** in

einem System zu verwenden, um austauschbar nacheinander DUTs **506** an einer Prüfstelle auf einem Substrat **508** an einer Prüfstelle zu prüfen, um ein schnelles Ersetzen des DUT zu gestatten. [Fig. 12](#) zeigt ein solches System mit zwei thermischen Chucks **500A**, **500B**, wobei ein thermischer Chuck **500A** aktiv ein DUT **506** an der Prüfstelle (Position A) prüft, während ein weiterer thermischer Chuck **500B** darauf wartet, dass der thermische Chuck **500A** das Prüfen des DUT beendet (d. h., der thermische Chuck wartet auf das Ende der Prüfung, oder EOT (end of test), an Position B), woraufhin der thermische Chuck **500A** in eine Halteposition C bewegt werden wird und der thermische Chuck **500B** in die Position A bewegt werden wird, um das nächste DUT zu prüfen. Sobald der thermische Chuck **500B** das Prüfen des nächsten DUT abgeschlossen hat, wird der thermische Chuck **500A** von der Halteposition C zurück in die Position A bewegt werden, um ein weiteres DUT zu prüfen. So setzt sich der Prozess fort, bis alle DUTs geprüft sind.

[0076] Das schnelle aufeinanderfolgende Prüfen von DUTs (z. B. in Situationen, bei denen mehrere thermische Chucks **500** zu verwenden sind) erfordert im allgemeinen die Aufwendung einer beträchtlichen Energiemenge, die als Folge eines wiederholten Heizens und Kühlens der Wärmesenke verloren wird. Wie es in dem Fachgebiet bekannt ist, ist der Energieverlust um so größer, je größer die Temperaturdifferenz zwischen den gemischten Fluiden ist. In der oben beschriebenen Konfiguration lässt der thermische Chuck **500B** an Position B ausschließlich Sollwertfluid ausströmen, so dass ausschließlich Sollwertfluid auf die Wärmesenke **515** auftrifft (d. h., das Ventil **524** ist ausschließlich auf die Position der 90° der Drehung eingestellt), wodurch die Wärmesenke des thermischen Chucks **500B** an der Position B auf einer allgemein konstanten Temperatur gehalten wird und das Erfordernis des Mischens von Fluiden verschiedener Temperaturen vermieden wird, wodurch die Energieaufwendungen auf der Ebene des Systems beträchtlich verringert werden. Ferner werden, da die Wärmesenke des thermischen Chucks **500B** an der Position B auf einer allgemein konstanten Sollwerttemperatur gehalten wird und ein Mischen von Fluiden vermieden wird, am Beginn einer Prüfung hervorgerufene Temperaturgradienten über die Wärmesenke **515** und auf dem DUT beträchtlich verringert. Außerdem kann für eine erhöhte Energieeffizienz die Verwendung einer Kühleinrichtung für das Prüfen von DUTs bei einem niedrigen Sollwert vermieden werden.

[0077] Weil keine Heizeinrichtung vorhanden ist, die direkt die Wärmesenke beheizt, um die obigen Verfahren der Temperatursteuerung durchzuführen, verbessern die offenbarten Ausführungsformen, wie oben beschrieben wurde, die Wärmewiderstandseigenschaften und beseitigen hervorgerufene Gradienten,

wodurch die Verwendung extremer Delta T's ermöglicht wird, die von herkömmlichen Systemen nicht unterstützt werden. Ferner bewirken die offenbarten Ausführungsformen eine erhöhte Energiedissipation und schnellere Antwortzeiten. Ein Ergebnis ist, dass die offenbarten Ausführungsformen strengere Prüfungen von elektronischen Bauelementen ermöglichen und Prüfungen jenseits der effektiven Grenze von 500 Watt der herkömmlichen Geräte handhaben können, z. B. bis zu 1.500 Watt. Weiter wird die Temperatursteuerung von elektronischen Bauelemente in jeder Umgebung (Prüfung und/oder Betrieb) erheblich verbessert.

[0078] Obwohl die Erfindung beschrieben wurde unter Bezugnahme auf verschiedene exemplarische Ausführungsformen, die in jeder geeigneten Weise kombiniert werden können, versteht es sich, dass die verwendeten Worte der Beschreibung und Veranschaulichung sind, und nicht Worte der Beschränkung. Änderungen können vorgenommen werden innerhalb des Bereichs der beigefügten Ansprüche, wie sie gegenwärtig angegeben sind und wie abgeändert, ohne von dem Umfang und dem Geist der Erfindung in ihren Aspekten abzuweichen. Obwohl die Erfindung unter Bezug auf bestimmte Mittel, Materialien und Ausführungsformen beschrieben wurde, ist es nicht beabsichtigt, die Erfindung auf die offenbarten Einzelheiten zu beschränken. Vielmehr erstreckt sich die Erfindung auf alle funktional äquivalenten Strukturen, Verfahren und Verwendungen, wie sie im Umfang der beigefügten Ansprüche liegen.

Zusammenfassung

[0079] Eine Vorrichtung steuert eine Temperatur eines Bauelements (**406**) durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke (**415**) in thermischem Kontakt mit dem Bauelement (**406**). Die Vorrichtung umfaßt einen einstellbaren kalten Eingang (**410**), der einen kalten Teil des Fluids mit einer ersten Temperatur zuführt, und einen einstellbaren heißen Eingang (**420**), der einen heißen Teil des Fluids mit einer zweiten Temperatur zuführt, die höher ist als die erste Temperatur. Die Vorrichtung umfaßt weiter eine Kammer (**417**), die mit dem kalten Eingang (**410**) und dem heißen Eingang (**420**) verbunden ist und in der die kalten und heißen Teile des Fluids sich in einem kombinierten Fluidteil mischen, der auf die Wärmesenke (**415**) auftrifft. Der kombinierte Fluidteil hat eine kombinierte Temperatur, die eine Temperatur der Wärmesenke (**415**) unmittelbar beeinflusst. Der kalte Eingang (**410**) und der heiße Eingang (**420**) sind eingestellt, um die kombinierte Temperatur dynamisch zu steuern, wodurch es ermöglicht wird, dass die Temperatur der Wärmesenke Änderungen der Temperatur des Bauelements (**406**) ausgleicht und eine Sollwerttemperatur des Bauelements (**406**) im wesentlichen aufrechterhält.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke in thermischem Kontakt mit dem Bauelement, wobei die Vorrichtung aufweist: einen einstellbaren kalten Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen kalten Teil des Fluids mit einer ersten Temperatur zuzuführen; einen einstellbaren heißen Eingang, der dazu eingerichtet ist, einen heißen Teil des Fluids mit einer zweiten Temperatur zuzuführen, die höher ist als die erste Temperatur; und eine Kammer, die mit dem kalten Eingang und dem heißen Eingang verbunden ist und in welcher der kalte Teil und der heiße Teil des Fluids sich in einem kombinierten Fluidteil mischen, welcher auf die Wärmesenke auftrifft, wobei der kombinierte Fluidteil eine kombinierte Temperatur hat, die unmittelbar eine Temperatur der Wärmesenke beeinflusst; wobei der kalte Eingang und der heiße Eingang eingestellt sind, um die kombinierte Temperatur dynamisch zu steuern, so dass die Temperatur der Wärmesenke Änderungen in der Temperatur des Bauelements ausgleicht und eine Sollwerttemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter aufweisend: einen einstellbaren kalten Ausgang, der dazu eingerichtet ist, eine Menge des kombinierten Teils auszugeben, die dem von dem einstellbaren kalten Eingang zugeführten kalten Teil entspricht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, weiter aufweisend: einen einstellbaren heißen Ausgang, der dazu eingerichtet ist, eine Menge des kombinierten Teils auszugeben, die dem von dem einstellbaren heißen Eingang zugeführten heißen Teil entspricht.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die erste Temperatur in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr minus 140°C relativ zu der Sollwerttemperatur liegt und die zweite Temperatur in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr 75°C relativ zu der Sollwerttemperatur ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Bauelement einen Halbleiter aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der mit ansteigender Temperatur des Bauelements der kalte Teil erhöht und der heiße Teil verringert wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der mit sich verringernder Temperatur des Bauelements der kalte Teil verringert und der heiße Teil erhöht wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter aufwei-

send: eine Kühleinrichtung zum im wesentlichen Aufrechterhalten der ersten Temperatur des kalten Teils.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, weiter aufweisend: eine Heizeinrichtung zum im wesentlichen Aufrechterhalten der zweiten Temperatur des heißen Teils.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, weiter aufweisend: einen ersten Wärmetauscher zum im wesentlichen Aufrechterhalten der ersten Temperatur des kalten Teils; und einen zweiten Wärmetauscher zum im wesentlichen Aufrechterhalten der zweiten Temperatur des heißen Teils.

11. Verfahren zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements in Kontakt mit einer Wärmesenke, unter Verwendung eines ersten Fluids mit einer ersten Temperatur und eines zweiten Fluids mit einer zweiten Temperatur, welches Verfahren aufweist: Bestimmen eines Verhältnisses des ersten Fluids und des zweiten Fluids, um ein gemischtes Fluid mit einer gemischten Temperatur zwischen der ersten Temperatur und der zweiten Temperatur zu erhalten; Mischen des ersten Fluids und des zweiten Fluids in dem bestimmten Verhältnis, um das gemischte Fluid zu erhalten; und Verteilen des gemischten Fluids in wenigstens einem Teil der Wärmesenke, um eine Temperatur der Wärmesenke einzustellen, um Änderungen der Temperatur des Bauelements auszugleichen und eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechtzuerhalten.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Mischen des ersten Fluids und des zweiten Fluids umfaßt: Zuführen des ersten Fluids durch eine erste Zufuhröffnung, die dem ersten Fluid entspricht, und des zweiten Fluids durch eine zweite Zufuhröffnung, die dem zweiten Fluid entspricht; und Ausgeben des kombinierten Fluids durch eine erste Abführöffnung, die dem ersten Fluid entspricht, und durch eine zweite Abführöffnung, die dem zweiten Fluid entspricht, entsprechend dem bestimmten Verhältnis.

13. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die erste Temperatur niedriger ist als die Zieltemperatur und die zweite Temperatur größer ist als die Zieltemperatur.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die erste Temperatur in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr minus 140°C relativ zu der Sollwerttemperatur ist und die zweite Temperatur in einem Bereich von ungefähr Null bis ungefähr 75°C relativ zu

der Sollwerttemperatur ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem bei ansteigender Temperatur des Bauelements das Verhältnis des ersten Fluids zu dem zweiten Fluid bestimmt wird, anzusteigen, und bei dem bei sich verringernder Temperatur des Bauelements das Verhältnis des ersten Fluids zu dem zweiten Fluid bestimmt wird, sich zu verringern.

16. Verfahren nach Anspruch 1, weiter aufweisend:
im wesentlichen Aufrechterhalten der ersten Temperatur unter Verwendung einer Kühleinrichtung.

17. Verfahren nach Anspruch 16, weiter aufweisend:
im wesentlichen Aufrechterhalten der zweiten Temperatur unter Verwendung einer Heizeinrichtung.

18. Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements, wobei die Vorrichtung aufweist:
ein Ventil, das dazu eingerichtet ist, eine Mehrzahl von Fluidteilen mit einer entsprechenden Mehrzahl von Fluidteilmperaturen zu mischen, um eine kombinierte Temperatur zu erhalten; und
eine Wärmesenke, die thermisch mit dem Bauelement gekoppelt ist, wobei die Wärmesenke eine Wärmesenkentemperatur hat, die unmittelbar in Beziehung zu der kombinierten Temperatur steht; wobei proportionale Mengen der Mehrzahl der Fluidteile eingestellt werden, um die kombinierte Temperatur und die korrelierende Wärmesenkentemperatur dynamisch zu ändern und Änderungen der Temperatur des Bauelements auszugleichen.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, weiter aufweisend ein zwischen der Wärmesenke und dem Bauelement angeordnetes Wärmeleitmaterial.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die Wärmesenke über das Wärmeleitmaterial eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält.

21. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei:
die Wärmesenke eine Mehrzahl von Rippen aufweist; und
eine Richtung, in welcher der kombinierte Fluidteil auf die Wärmesenke auftrifft, allgemein senkrecht zu einer Richtung ist, in welcher die Rippen sich erstrecken.

22. Vorrichtung zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements durch Umwälzen eines Fluids durch eine Wärmesenke in thermischem Kontakt mit dem Bauelement, wobei die Vorrichtung aufweist:
eine einstellbare erste Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein erstes Fluid mit einer ersten Temperatur zuzuführen;

eine einstellbare zweite Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein zweites Fluid mit einer zweiten Temperatur zuzuführen, die höher ist als die erste Temperatur;

eine einstellbare dritte Fluidquelle, die dazu eingerichtet ist, ein drittes Fluid mit einer dritten Temperatur zuzuführen, welche höher ist als die ersten und zweiten Temperaturen; und

ein Ventil, das dazu eingerichtet ist, eine einstellbare Menge von wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids in ein kombiniertes Fluid ausströmen zu lassen, welches auf die Wärmesenke auftrifft, wobei das kombinierte Fluid eine kombinierte Fluidtemperatur hat, die die Wärmesenkentemperatur unmittelbar beeinflusst,

wobei die einstellbare Menge von wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids so steuerbar sind, dass die Wärmesenkentemperatur Änderungen der Bauelementtemperatur ausgleicht und eine Sollwerttemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechterhält.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der das Ventil ein Scheibenventil ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der das erste Fluid ein kaltes Fluid ist, das zweite Fluid ein Sollwertfluid ist, welches allgemein die gleiche Temperatur wie die Sollwerttemperatur des Bauelements hat, und das dritte Fluid ein heißes Fluid ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, bei der die Temperatur des Sollwertfluids näher an der Temperatur des kalten Fluids als an der Temperatur des heißen Fluids ist.

26. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der wenigstens zwei des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids Teile desselben Fluids sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der das erste Fluid, das zweite Fluid und das dritte Fluid alle Teile desselben Fluids sind.

28. Vorrichtung nach Anspruch 22, weiter aufweisend:

eine erste Fluidrückleitung; und

eine zweite Fluidrückleitung,

wobei, nachdem das kombinierte Fluid auf die Wärmesenke auftrifft, ein Teil des kombinierten Fluids über die erste Fluidrückleitung zu der ersten Fluidquelle zurückgeführt wird und der übrige Teil des kombinierten Fluids über die zweite Fluidrückleitung zu der zweiten Fluidquelle zurückgeführt wird.

29. Vorrichtung nach Anspruch 22, wobei:
die Einrichtung eine erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und eine zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten aufweist, die jeweils ein erstes Ventil bzw. ein zweites Ventil aufweisen

und weiter jeweils eine erste Wärmesenke bzw. eine zweite Wärmesenke aufweisen;
 wenigstens das zweite Ventil weiter dazu eingerichtet ist, ausschließlich das zweite Fluid ausströmen zu lassen, welches auf die zweite Wärmesenke auftrifft; wenn die erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten eine elektrische Komponente prüft, das erste Ventil das kombinierte Fluid ausströmen läßt, welches auf die erste Wärmesenke auftrifft, die zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten darauf wartet, eine nächste elektrische Komponente zu prüfen, und das zweite Ventil ausschließlich das zweite Fluid ausströmen läßt, welches auf die zweite Wärmesenke auftrifft.

30. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der: die Wärmesenke eine Mehrzahl von Rippen aufweist; und eine Richtung, in welcher das kombinierte Fluid auf die Wärmesenke auftrifft, allgemein senkrecht zu einer Richtung ist, in welcher die Rippen sich erstrecken.

31. Verfahren zum Steuern einer Temperatur eines Bauelements in Kontakt mit einer Wärmesenke, unter Verwendung eines ersten Fluids mit einer ersten Temperatur, eines zweiten Fluids mit einer zweiten Temperatur und eines dritten Fluids mit einer dritten Temperatur, wobei die zweite Temperatur höher ist als die erste Temperatur und die dritte Temperatur höher ist als die zweite Temperatur, und wobei die ersten, zweiten und dritten Fluide jeweils in ersten, zweiten bzw. dritten Fluidreservoirien gespeichert werden, welches Verfahren umfaßt:
 Bestimmen eines Verhältnisses wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids, um ein gemischtes Fluid mit einer gemischten Temperatur zwischen der ersten Temperatur und der dritten Temperatur zu erhalten;
 Ausströmenlassen, aus einem jeweiligen Reservoir, wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids in dem bestimmten Verhältnis, um das gemischte Fluid zu erhalten;
 Auftreffenlassen des gemischten Fluids auf wenigstens einen Teil der Wärmesenke, um eine Temperatur der Wärmesenke einzustellen, um Änderungen der Temperatur des Bauelements auszugleichen und eine Zieltemperatur des Bauelements im wesentlichen aufrechtzuerhalten.

32. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem das Ausströmenlassen von wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids umfaßt: Ausströmenlassen wenigstens zweier des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids über ein Scheibenventil.

33. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem das erste Fluid ein kaltes Fluid ist, das zweite Fluid ein Zielfluid ist, welches allgemein die gleiche Tempera-

tur wie die Zieltemperatur des Bauelements hat, und das dritte Fluid ein heißes Fluid ist.

34. Verfahren nach Anspruch 33, bei dem die Sollwertfluidtemperatur näher an der kalten Fluidtemperatur als an der heißen Fluidtemperatur ist.

35. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem wenigstens zwei des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids Teile desselben Fluids sind.

36. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem das erste Fluid, das zweite Fluid und das dritte Fluid alle Teile desselben Fluids sind.

37. Verfahren nach Anspruch 31, weiter aufweisend:
 Rückführen eines Teils des kombinierten Fluids zu dem ersten Fluidreservoir über eine erste Fluidrückleitung nach dem Auftreffenlassen; und
 Rückführen des übrigen Teils des kombinierten Fluids zu dem zweiten Fluidreservoir über eine zweite Fluidrückleitung nach dem Auftreffenlassen.

38. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem: die Einrichtung eine erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und eine zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten mit einem jeweiligen ersten Ventil bzw. zweiten Ventil und einer jeweiligen ersten Wärmesenke bzw. zweiten Wärmesenke aufweist; und
 das Ausströmenlassen der wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids bei der ersten Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten während des Prüfens einer elektrischen Komponente auftritt, wobei das Verfahren weiter umfaßt:
 ausschließliches Ausströmenlassen des zweiten Fluids, derart, dass das zweite Fluid auf die zweite Wärmesenke auftrifft, während des Ausströmenlassens der wenigstens zweien des ersten Fluids, des zweiten Fluids und des dritten Fluids durch die erste Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten und während die zweite Prüfeinrichtung für elektrische Komponenten darauf wartet, eine nächste elektrische Komponente zu prüfen.

39. Verfahren nach Anspruch 31, bei dem das Auftreffenlassen in einer Richtung stattfindet, die allgemein senkrecht zu einer Richtung ist, in welcher sich Rippen der Wärmesenke erstrecken.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

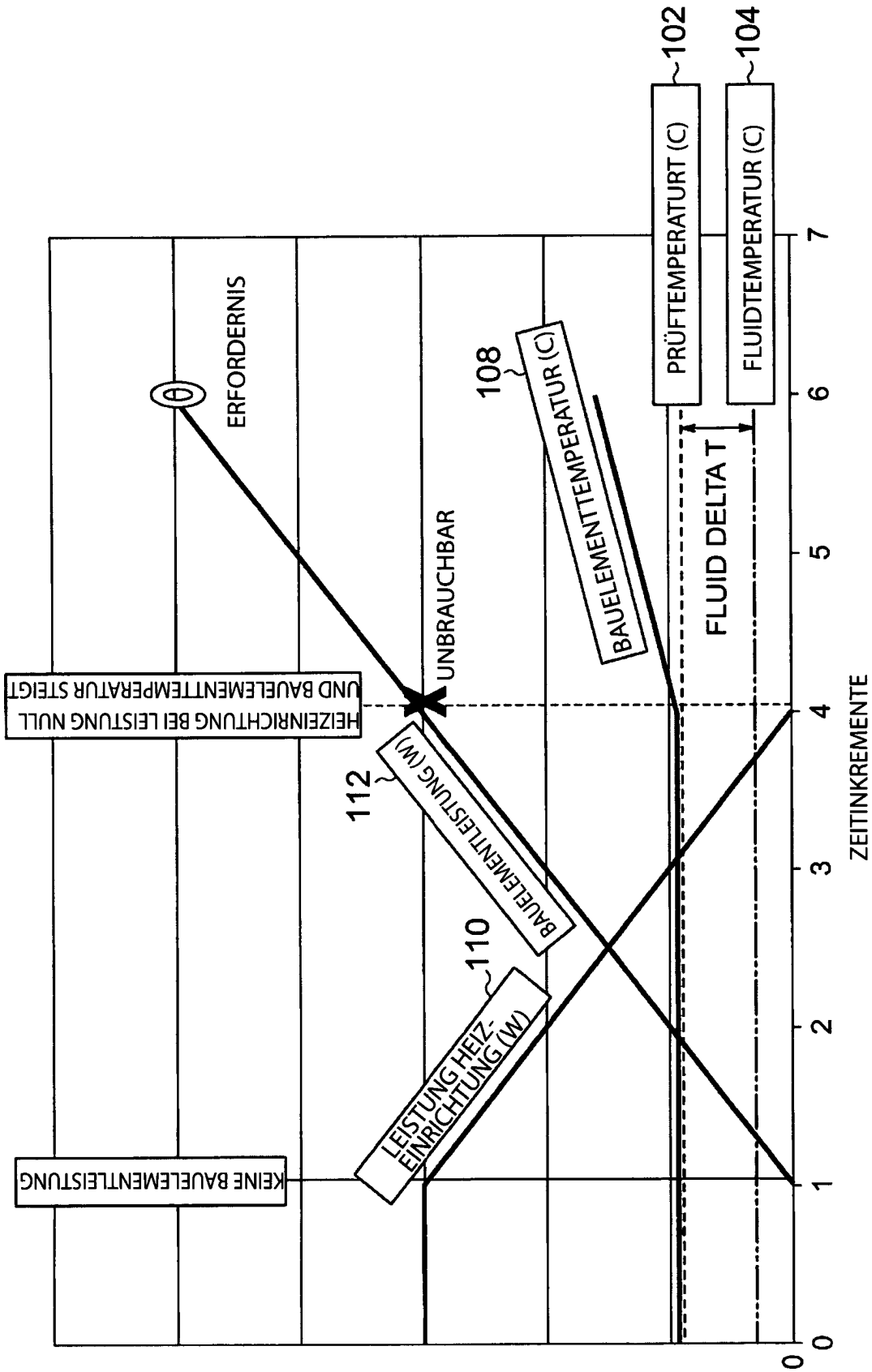


FIG. 1

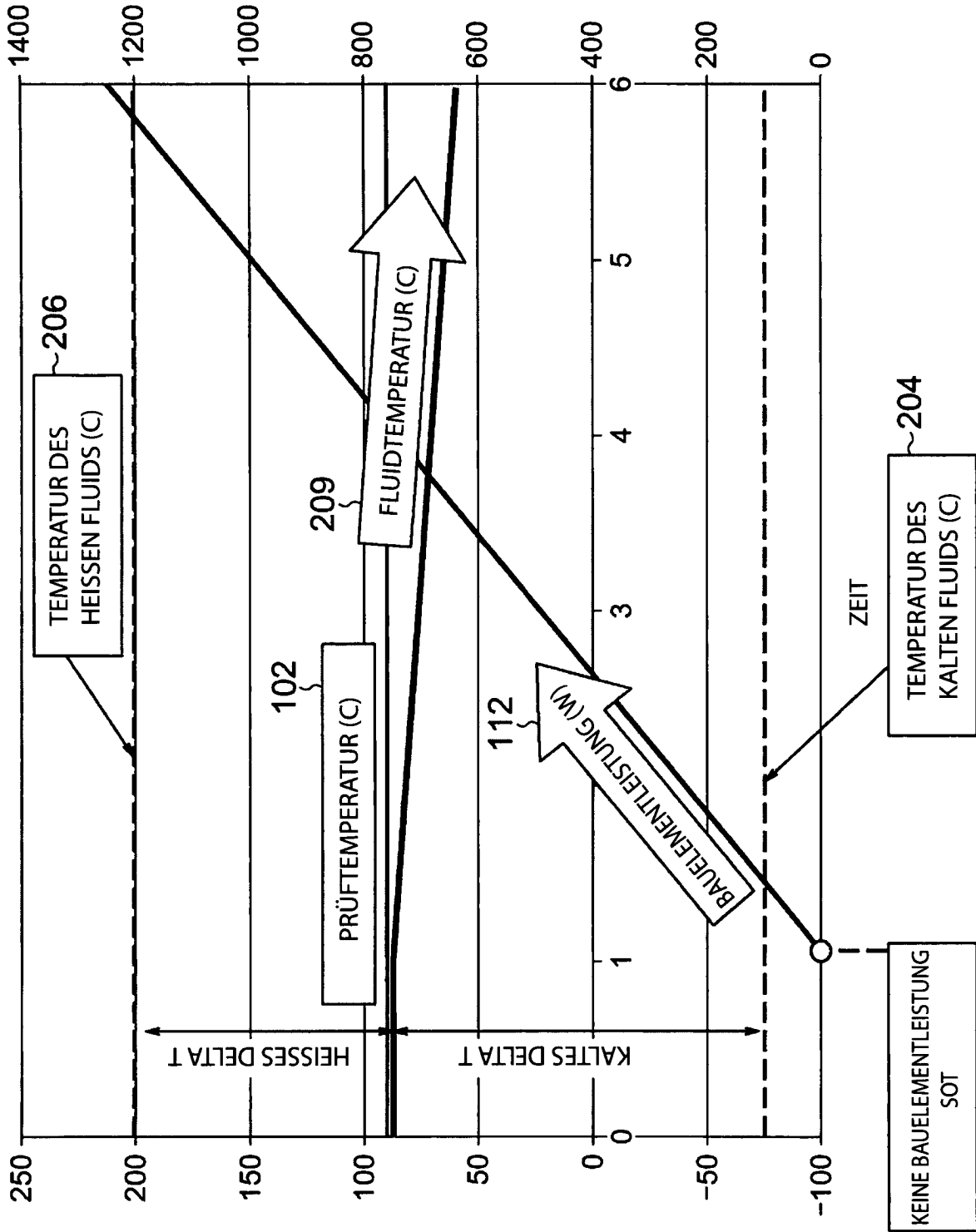


FIG. 2

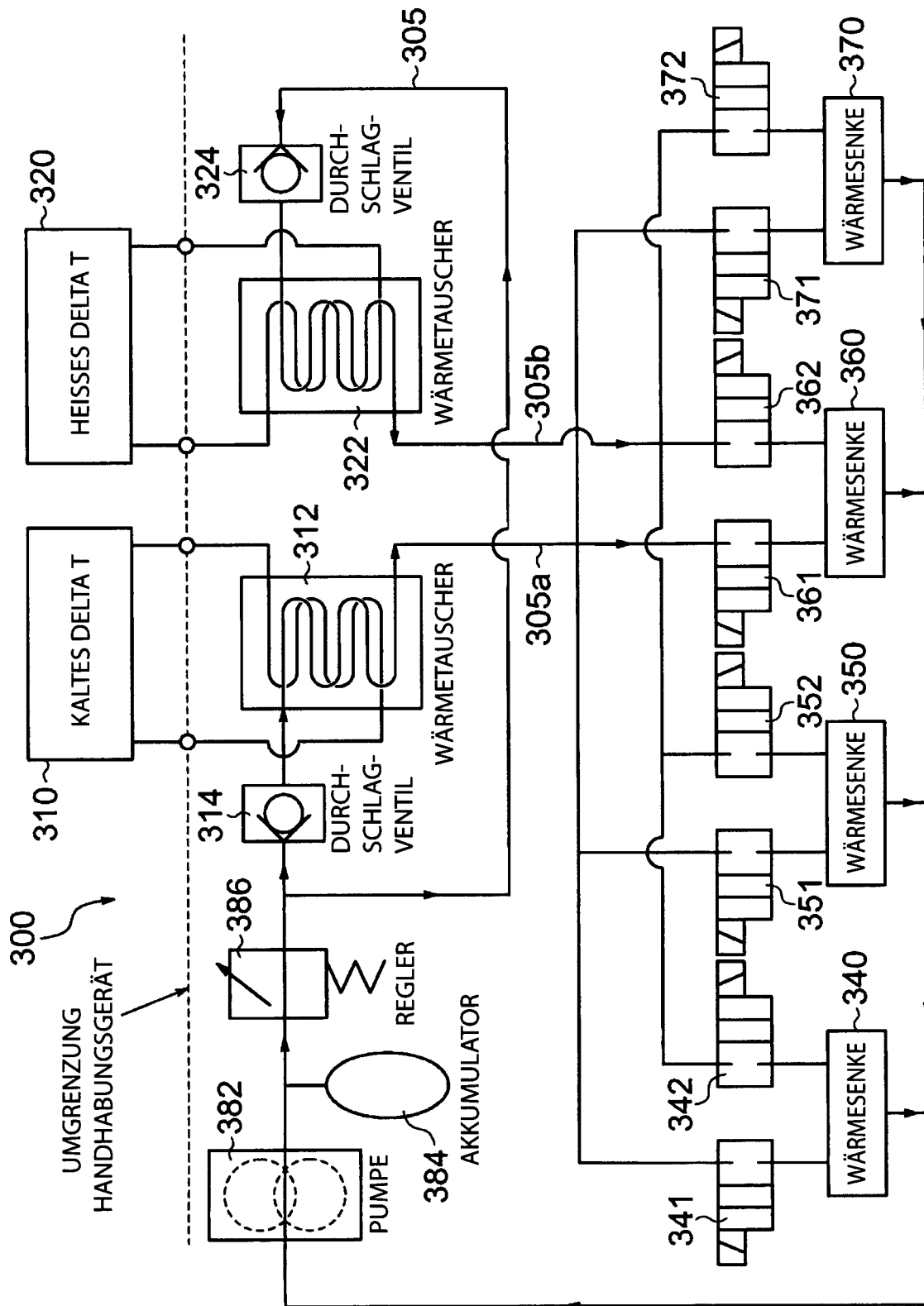


FIG. 3

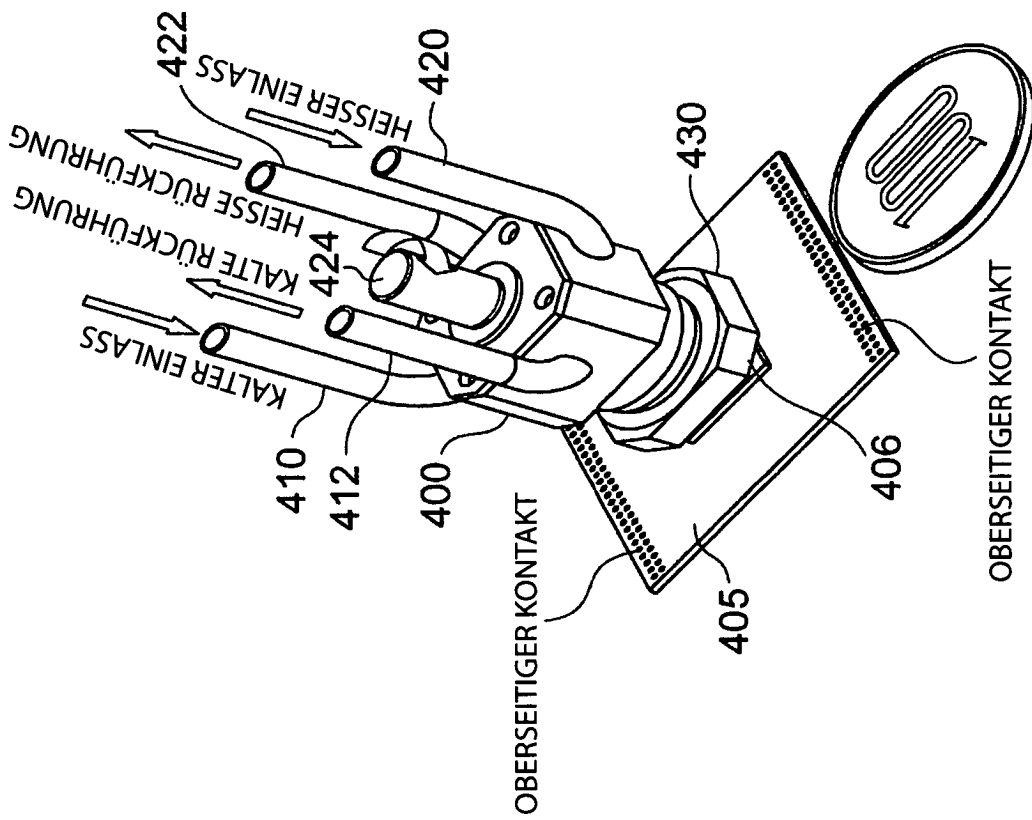


FIG. 4

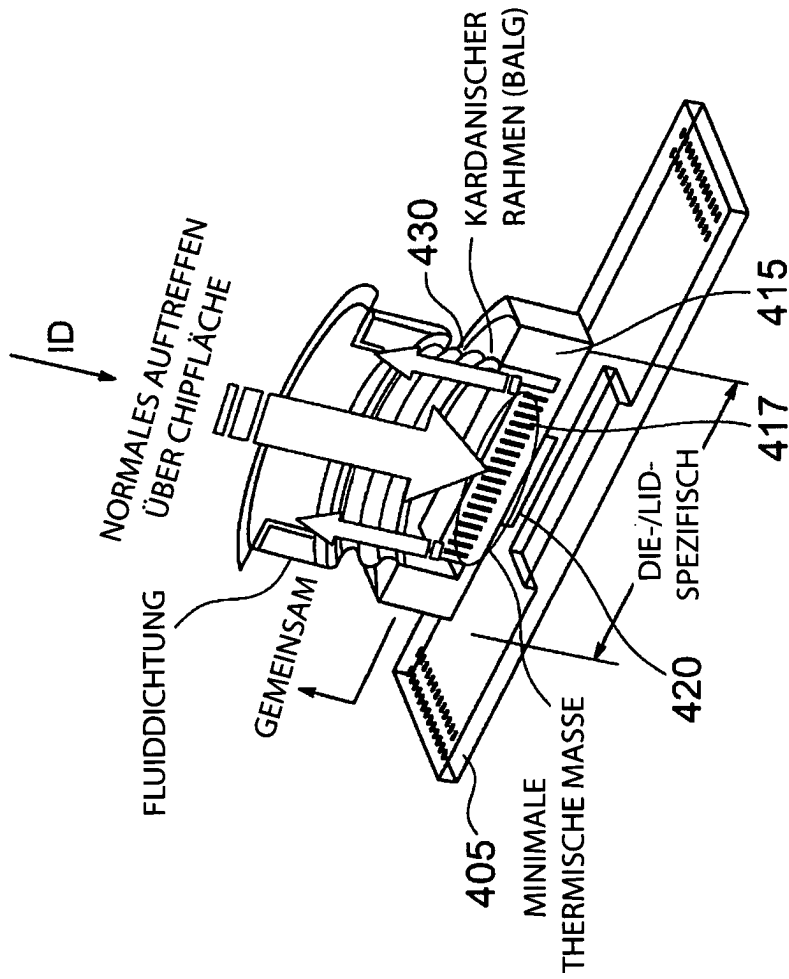


FIG. 5

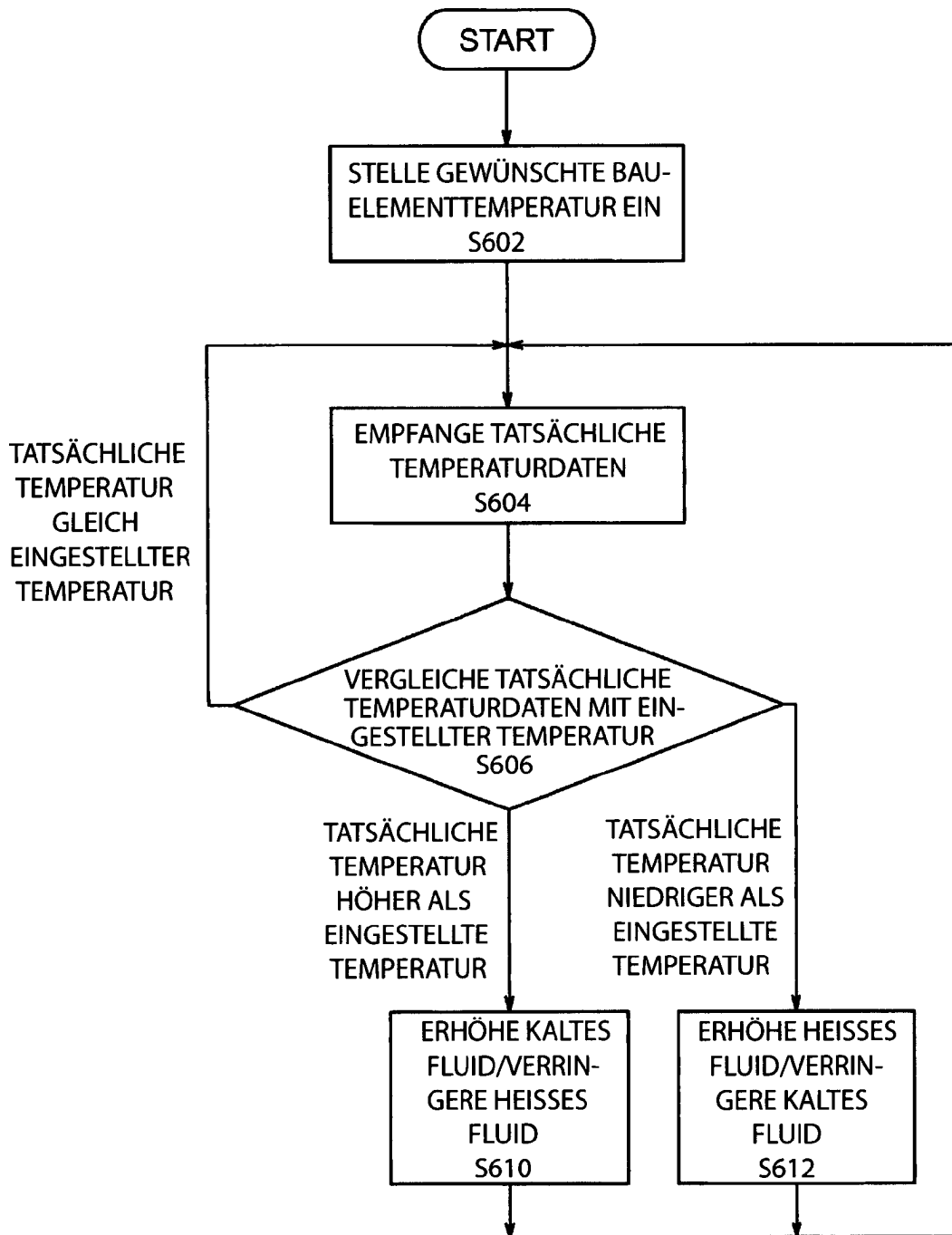


FIG. 6

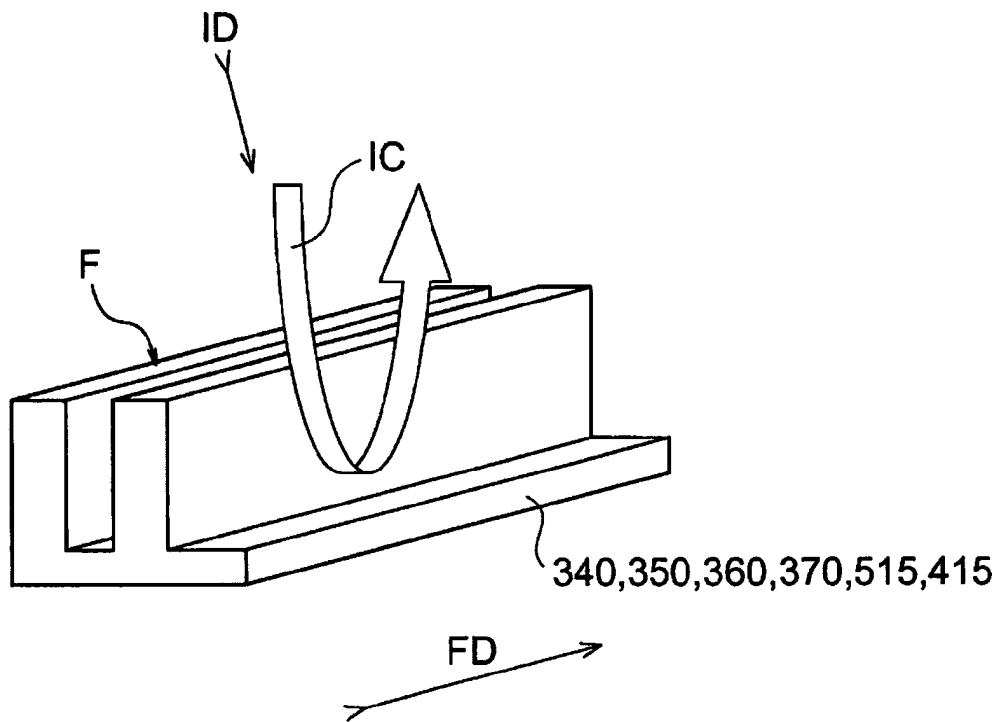


FIG. 7

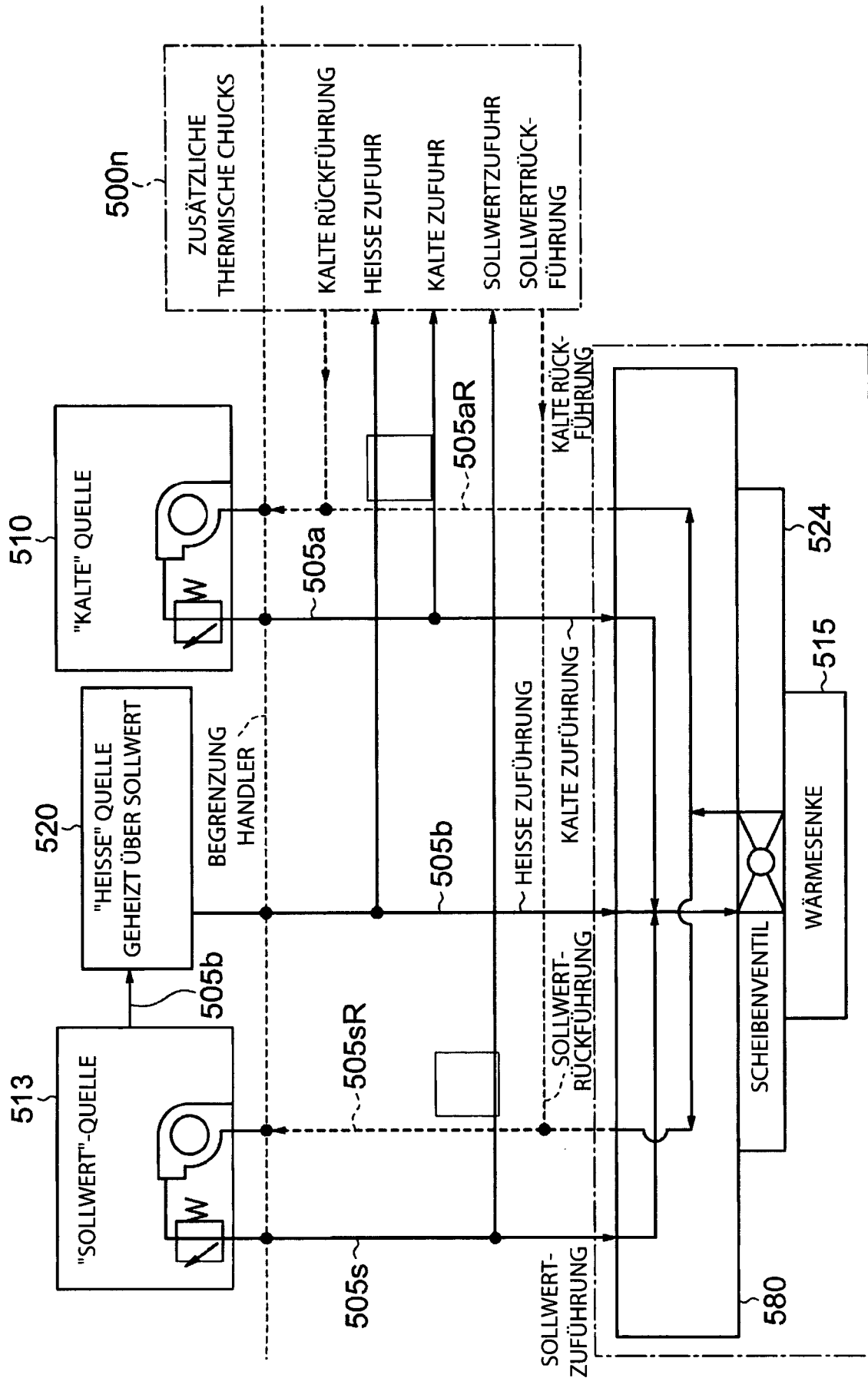


FIG. 8

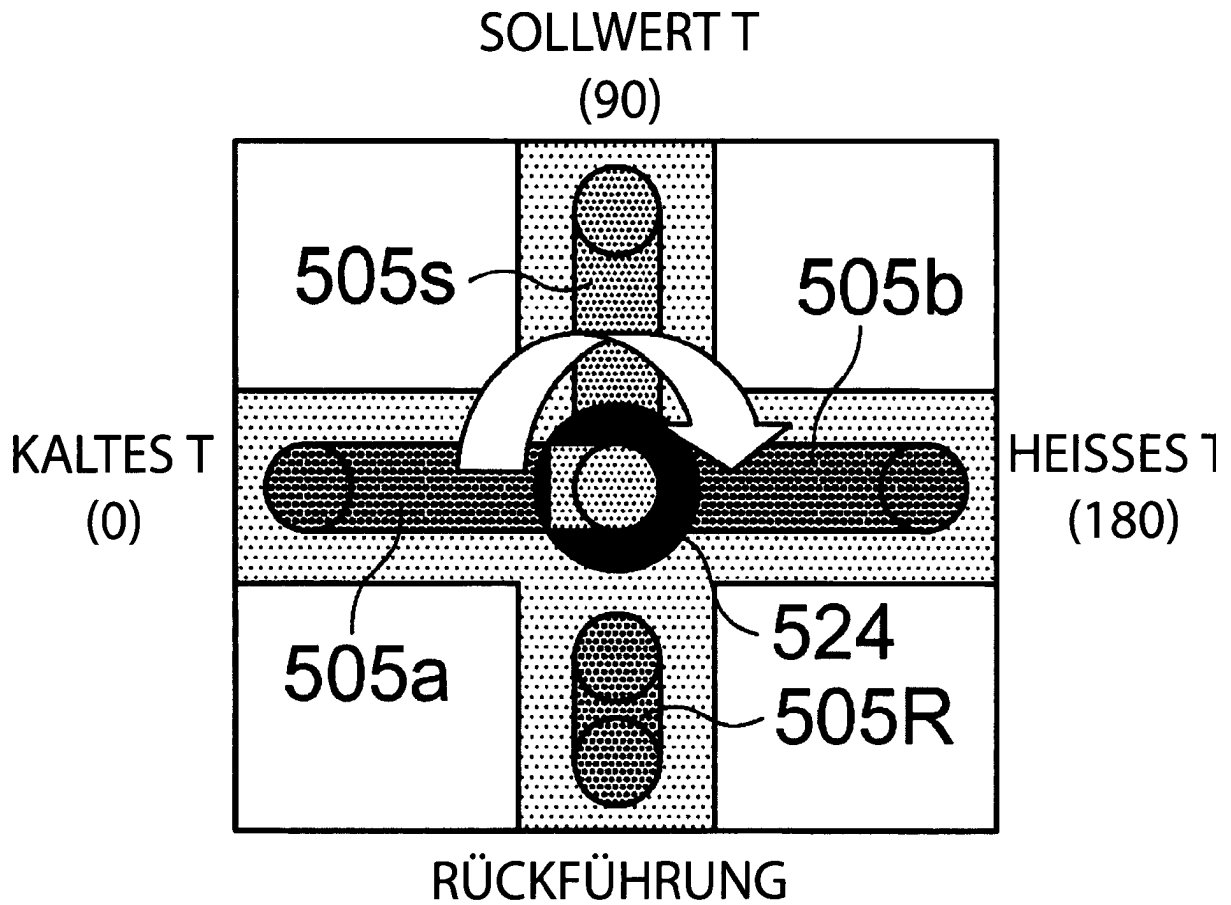


FIG. 9

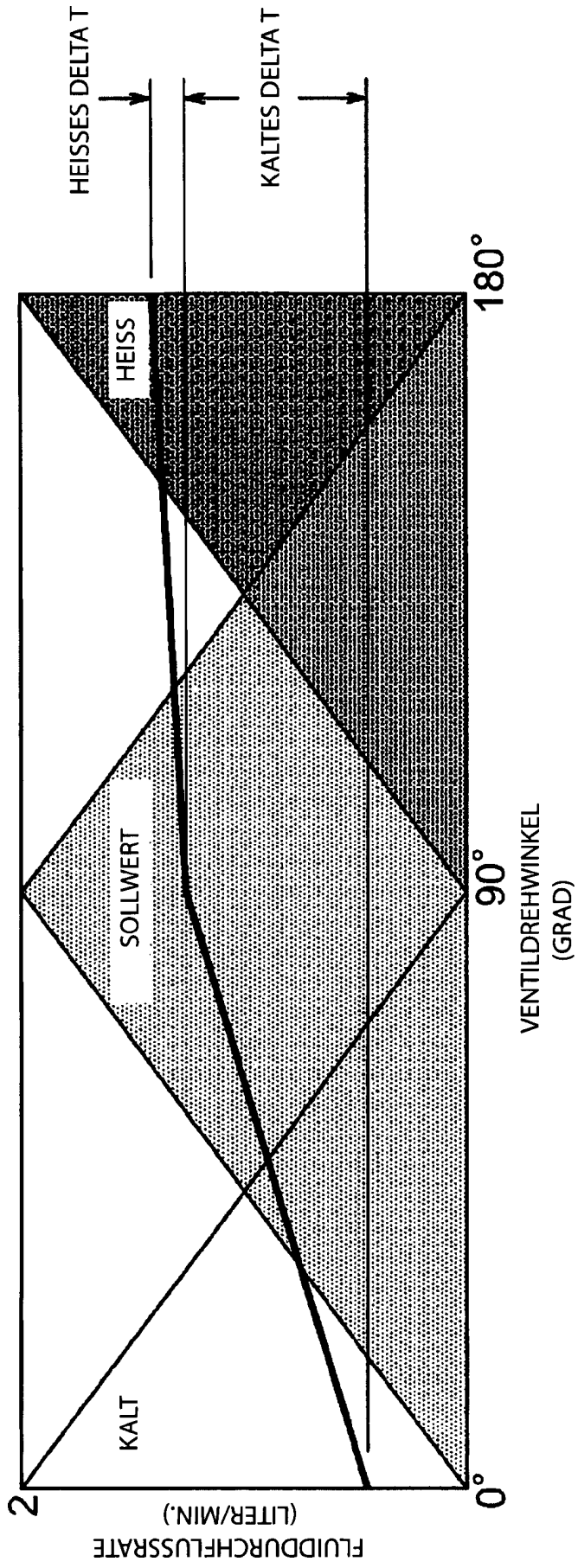


FIG. 10

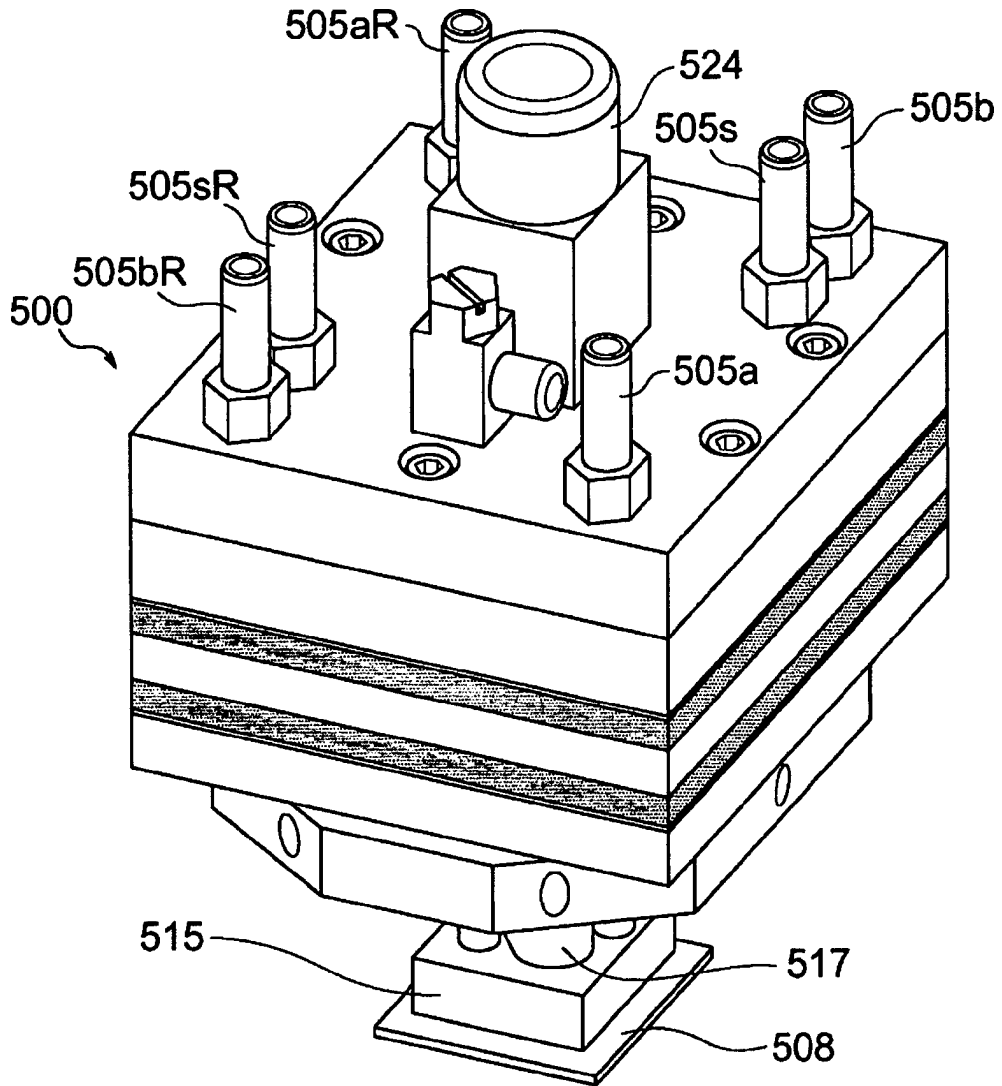


FIG. 11

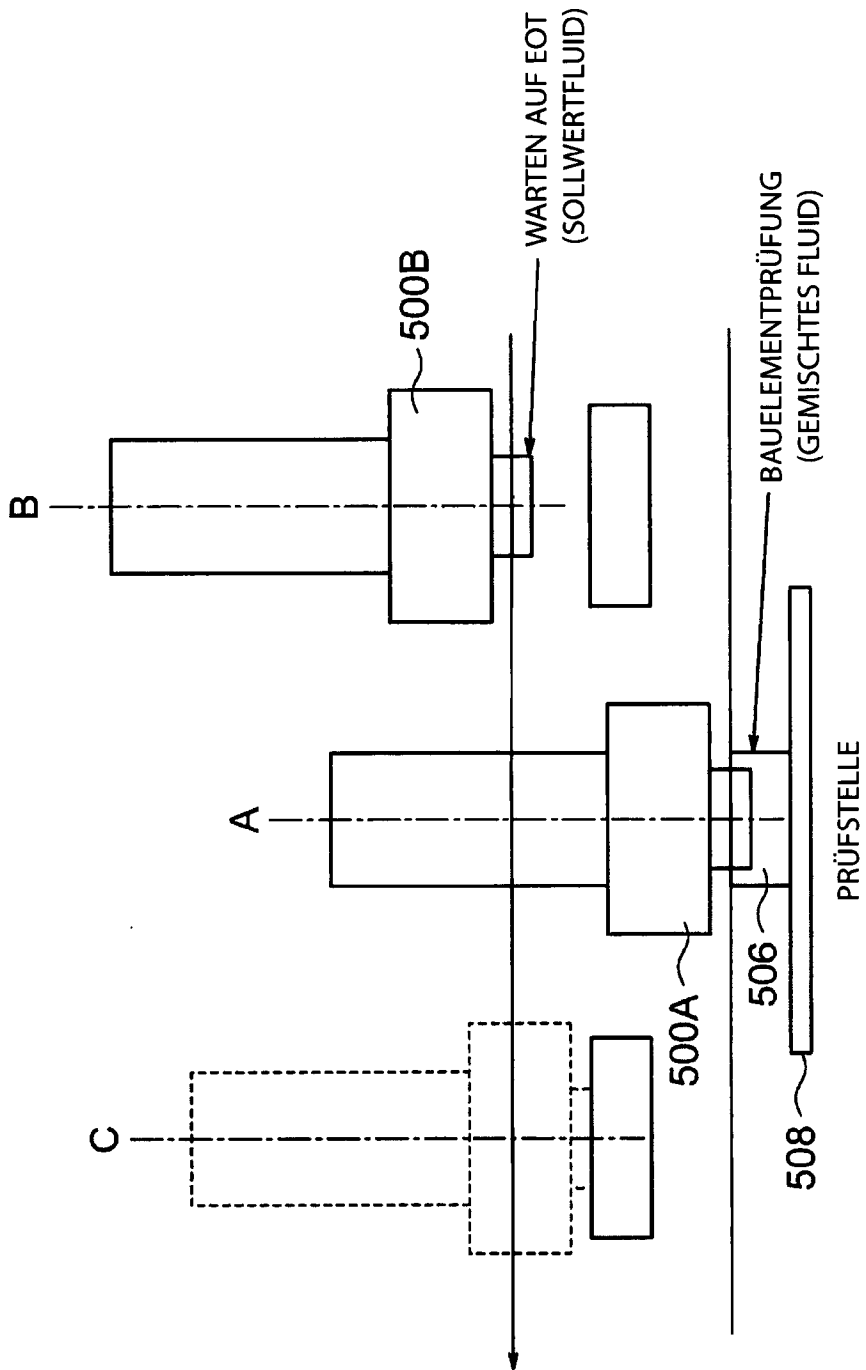


FIG. 12