

## **Beschreibung**

### **VERFAHREN ZUR TEMPERATURSTEUERUNG BZW. -REGELUNG EINES CHUCKS FÜR EINEN WAFER, TEMPERIEREINRICHTUNG UND WAFERTESTSYSTEM**

Chucks finden beispielsweise in der Halbleiterindustrie, insbesondere in der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik, zum Bereitstellen von Wafern Anwendung, beispielsweise zum Untersuchen von geometrischen Parametern eines Wafers. Ebenfalls können auf dem Wafer befindliche Strukturen (elektrische Bauelemente, wie beispielsweise Dioden, Transistoren, integrierte Schaltkreise, etc.) mithilfe eines Testmittels (Probers) kontaktiert und verschiedene Funktionstests durchgeführt werden. Funktionstests umfassen beispielsweise ein Anlegen einer Spannung und/oder eines Stroms an die Strukturen und Messen bestimmter Parameter. Für solche Funktionstests ist es insbesondere von Vorteil, wenn der Wafer bzw. die zu testenden Strukturen des Wafers bei Beginn der Tests eine bestimmte Temperatur aufweist bzw. aufweisen. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass den Test störende Einflüsse verringert bzw. im Wesentlichen vermieden werden können. Darüber hinaus findet in der Regel eine Änderung der Temperatur der Strukturen bzw. des Wafers durch die Interaktion mit dem Testmittel (Prober) statt, insbesondere bei Kontaktieren der Strukturen durch den Prober sowie durch die Stromflüsse während der Durchführung der Funktionstests. Daher ist es vorteilhaft, die Strukturen bzw. den Wafer kontinuierlich zu temperieren bzw. deren Temperatur zu steuern bzw. zu regeln, sodass bevorzugt im Wesentlichen identische Testbedingungen für die Funktionstests herrschen. Der Temperaturbereich in welchem Funktionstests durchgeführt werden befindet sich in der Regel im Bereich von etwa -75 °C bis etwa 400 °C.

Für das Steuern bzw. Regeln der Temperatur können eine Vielzahl an

Temperatursensoren und Temperierelementen verwendet werden und auf unterschiedliche Art und Weise gesteuert bzw. geregelt werden. Häufig wird ein Chuck mit einer Vielzahl an Temperatursensoren ausgestattet, um eine Messung der Temperaturen von verschiedenen Bereichen des Chucks bzw. des Wafers zu erhalten. Außerdem sind in der Regel eine Vielzahl an Temperierelementen zum Erwärmen und/oder Kühlen des Chucks bzw. des Wafers vorgesehen. Dabei wird in der Regel die Temperatur in einer Vielzahl an Bereichen des Chucks bzw. des Wafers überwacht und bei einer Abweichung von einer Soll-Temperatur die in diesem Bereich liegenden Temperierelemente entsprechend angesteuert, sodass die Temperatur in diesen Bereichen des Wafers bzw. des Chucks stets im Wesentlichen identisch ist und im Wesentlichen der Soll-Temperatur entspricht.

Eine Regelung bzw. Steuerung wie im Vorgang beschrieben ist jedoch aufwendig in der Umsetzung. Darüber hinaus werden auch Bereiche des Chucks bzw. des Wafers, in welchen keine Funktionstests durchgeführt werden, kontinuierlich temperiert, wobei jedoch die Temperatur in diesen Bereichen im Wesentlichen keinen bzw. einen geringen Einfluss auf die Funktionstests haben.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Temperatursteuerung bzw. -regelung sowie eine Temperiereinrichtung und ein Wafertestsystem für ein vereinfachtes, vorteilhaftes Temperieren eines Chucks bzw. eines Wafers bereitzustellen.

Die genannte Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Temperatursteuerung bzw. -regelung eines Chucks für einen Wafer, umfassend die Schritte: Erfassen der Position eines Testmittels zum Testen eines Wafers; Ermitteln der jeweiligen räumlichen Abstände zwischen dem Testmittel und einer Vielzahl von Temperaturmessmitteln zum Messen einer Temperatur des Chucks bzw. eines von dem Chuck gelagerten bzw. eingespannten Wafers; Wählen zumindest eines Temperaturmessmittels aus der

Vielzahl von Temperaturmessmitteln als Referenz-Temperaturmessmittel; Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks basierend auf der von dem bzw. den gewählten Referenz-Temperaturmessmittel(n) gemessenen Temperatur(en) des Chucks bzw. des Wafers.

Insbesondere ermöglicht ein solches Verfahren ein vereinfachtes und vorteilhaftes Temperieren eines Chucks bzw. eines Wafers, da das Temperieren des gesamten Chucks im Wesentlichen einheitlich erfolgt, beispielsweise mittels Ansteuern aller Mittel zum Temperieren des Chucks. Somit stellt das Verfahren geringe Anforderungen bezüglich der Prozessverarbeitung und/oder der Steuer- bzw. Regelelektronik. Außerdem entfällt ein unnötiges Erwärmen und/oder Abkühlen von Bereichen des Chucks bzw. des Wafers, welche für die durchgeführten Funktionstests unbedeutend sind.

Bevorzugt weist ein Chuck eine Plattform zum Einspannen eines Wafers auf, wobei ein Wafer beispielsweise mittels Erzeugen eines Magnetfelds oder eines Vakuums von dem Chuck gelagert bzw. eingespannt wird.

Bevorzugt umfasst ein Chuck eine Vielzahl von Temperaturmessmitteln, welche in bzw. an dem Chuck angeordnet sind, um eine Temperatur des Chucks bzw. des Wafers an bevorzugt mehreren unterschiedlichen Stellen zu messen.

Der Wafer wird derart von dem Chuck gelagert bzw. eingespannt, sodass ein Testmittel, beispielsweise eine Probe-Nadel oder eine Probe-Card, verschiedene Stellen auf einer Waferfläche kontaktieren und in dem Wafer bzw. auf einer Fläche des Wafers befindliche Strukturen testen kann. Dabei werden bevorzugt eine Vielzahl an Probe-Nadeln bzw. Probe-Fingern derart ausgerichtet, dass diese Kontaktflächen der zu testenden Strukturen kontaktieren und beispielsweise durch Einleiten eines Stroms bzw. Anlegen einer Spannung die Eigenschaften der Struktur untersuchen können.

Das Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks erfolgt bevorzugt im Wesentlichen einheitlich, d.h. im Wesentlichen gleichartig bzw. übereinstimmend,

insbesondere bevorzugt mittels einheitlicher Ansteuerung von ein oder mehreren Mitteln zum Temperieren des Chucks, wie beispielsweise mehreren in bzw. an einem Chuck angeordneten elektrothermischen Wandlern.

Bevorzugt umfasst das Wählen eines Temperaturmessmittels als Referenz-Temperaturmessmittel den Schritt: Wählen desjenigen Temperaturmessmittels, welches den geringsten räumlichen Abstand zu dem Testmittel aufweist.

Bevorzugt erfolgt das Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks, und im Weiteren des Wafers, basierend auf der gemessenen Temperatur eines einzelnen Temperaturmessmittels aus der Vielzahl von Temperaturmessmitteln. Bevorzugt wird dabei dasjenige Temperaturmessmittel bzw. die gemessene Temperatur von demjenigen Temperaturmessmittel herangezogen, welches den geringsten räumlichen Abstand zu dem Testmittel aufweist bzw. der aktuellen Position des Testmittels am nächsten ist. Somit wird vorteilhafterweise dasjenige Temperaturmessmittel zum Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks bzw. des Wafers als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt, welches eine Temperaturänderung in dem Bereich des Wafers, in welchem sich die zu testende Struktur befindet, potentiell am genauesten und/oder zeitlich als erstes erfasst bzw. registriert.

Bevorzugt umfasst das Wählen des Referenz-Temperaturmessmittels, sofern die ermittelten räumlichen Abstände von zwei oder mehr Temperaturmessmitteln innerhalb einer bestimmten Toleranz  $T_{\pm}$  liegen und/oder im Wesentlichen gleich groß sind, den Schritt: Wählen desjenigen Temperaturmessmittels aus den zwei oder mehr Temperaturmessmitteln, welches den größten Betrag der Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  und/oder Temperaturänderung pro Zeit  $T_{grad}$  aufweist; oder Wählen der zwei oder mehr Temperaturmessmittel als Referenz-Temperaturmessmittel, wobei das Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks auf dem Mittel bzw. Durchschnitt der von den Referenz-Temperaturmessmitteln gemessenen Temperaturen basiert. Die Toleranz  $T_{\pm}$  kann dabei beispielsweise einem Äquivalent von bevorzugt weniger als etwa 10 cm, weiter bevorzugt weniger als etwa 1 cm, weiter bevorzugt weniger als etwa 0,1 cm

entsprechen. Im Wesentlichen gleich groß entspricht bevorzugt beispielsweise einem Unterschied der Abstände von weniger als etwa 10%, weiter bevorzugt weniger als etwa 1%, weiter bevorzugt als etwa 0,1%. Die Werte können entsprechend den strukturellen Gegebenheiten, insbesondere der Anzahl und/oder Anordnung der Vielzahl von Temperaturmessmitteln, und/oder dem gewünschten Verhalten der Temperatursteuerung bzw. -regelung gewählt werden. Alternativ können zwei oder mehr der Temperaturmessmittel als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt werden und die von den zwei oder mehr Referenz-Temperaturmessmitteln gemessenen Temperaturen, beispielsweise und bevorzugt ein Mittel der gemessenen Temperaturen, zum Regeln bzw. Steuern der Temperatur des Chucks verwendet werden.

Dabei entspricht die Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  dem Betrag der Differenz zwischen der gemessenen Temperatur  $T(t)$  und:

einer Soll-Temperatur des Chucks bzw. des Wafers  $T_{soll}$ :

$$T_{diff} = | T(t) - T_{soll} |$$

oder

einer zuvor gemessenen Temperatur  $T(t-x)$  desselben Temperaturmessmittels:

$$T_{diff} = | T(t) - T(t-x) |$$

oder

einer Durchschnittstemperatur einer Mehrzahl von Temperaturmessmitteln  $T_{avg}$ :

$$T_{diff} = | T(t) - T_{avg} | = | T(t) - (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_X) / X |.$$

Bevorzugt wird die Temperaturänderung pro Zeit  $T_{grad}$  innerhalb einer bestimmten Zeitdauer  $t_1$  verglichen:

$$T_{grad} = | (T(x) - T(x+t_1)) / t_1 |.$$

Bevorzugt kann so dasjenige Temperaturmessmittel als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt werden, welches den größten Temperaturabfall bzw. die größte Temperatursteigerung innerhalb eines Zeitraums  $t_1$  erfasst. Der Zeitraum

$t_1$  ist bevorzugt kleiner als etwa 5 Sekunden, weiter bevorzugt kleiner als etwa 1 Sekunde.

Besonders bevorzugt wird der räumliche Abstand zwischen dem Testmittel und einem Temperaturmessmittel basierend auf Vektorkoordinaten ermittelt. Dabei werden bevorzugt die Positionen des Testmittels und der Temperaturmessmittel in ein Koordinatensystem projiziert und die Verbindungsvektoren und im Weiteren deren Beträge (Längen) berechnet, um die jeweiligen Abstände zwischen dem Testmittel und den Temperaturmessmitteln zu ermitteln. Für die Ermittlung des Abstands können 2D und/oder 3D Koordinaten des Testmittels und der Temperaturmessmittel verwendet werden, wobei die 2D Koordinaten des Testmittels und/oder der Temperaturmessmittel sich bevorzugt auf eine Ebene parallel zu der Waferfläche beziehen. Das beispielhafte, bevorzugte Ermitteln der Abstände basierend auf Vektorkoordinaten ist in der detaillierten Figurenbeschreibung genauer beschrieben.

Ein weitere Aspekt der Erfindung betrifft eine Temperiereinrichtung zum Temperieren eines Chucks und/oder eines von einem Chuck positionierten bzw. eingespannten Wafers, umfassend: eine erste Kommunikationsschnittstelle zum Kommunizieren mit einem Chuck, wobei die erste Kommunikationsschnittstelle geeignet ist zum Übertragen von elektrischen Signalen; eine Steuereinheit in Verbindung mit der ersten Kommunikationsschnittstelle zum: Empfangen von elektrischen Signalen von einer Vielzahl von Temperaturmessmitteln zum Messen der Temperatur des Chucks bzw. eines Wafers; Wählen eines der Temperaturmessmittel als Referenz-Temperaturmessmittel; Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks basierend auf der von dem bzw. den gewählten Referenz-Temperaturmessmittel(n) gemessenen Temperatur(en) des Chucks bzw. des Wafers.

Bevorzugt ist die Temperiereinrichtung ferner geeignet zum Wählen desjenigen Temperaturmessmittels als Referenz-Temperaturmessmittel, welches einen geringsten räumlichen Abstand zu einem Testmittel zum Testen des Wafers aufweist.

Weiter bevorzugt ist die Steuereinheit der Temperiereinrichtung geeignet zum Wählen

desjenigen Temperaturmessmittels als Referenz-Temperaturmessmittel, welches den größten Betrag einer Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  und/oder Temperaturänderung pro Zeit  $T_{grad}$  aufweist, sofern die ermittelten räumlichen Abstände von zwei oder mehr Temperaturmessmitteln innerhalb einer bestimmten Toleranz  $T_{\pm}$  liegen und/oder im Wesentlichen gleich groß sind.

Besonders bevorzugt umfasst die Temperiereinrichtung weiter:

- eine zweite Kommunikationsschnittstelle zum Einleiten und/oder Ableiten eines Temperiermediums zum Temperieren des Chucks in bzw. aus dem Chuck; und/oder
- eine dritte Kommunikationsschnittstelle zum Kommunizieren mit wenigstens einem elektrothermischen Wandler zum Temperieren des Chucks.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Wafertestsystem zum Testen eines Wafers, umfassend: einen Chuck zum Bereitstellen bzw. Einspannen und Temperieren eines Wafers umfassend eine Vielzahl von Temperaturmessmitteln zum Messen einer Temperatur des Chucks bzw. eines von dem Chuck gelagerten bzw. eingespannten Wafers; zumindest ein Testmittel zum Testen des Wafers; ein Positionserfassungsmittel zum Erfassen der Position des Testmittels in Relation zu dem Chuck bzw. dem Wafer; eine im Vorgang beschriebene Temperiereinrichtung.

Im Folgenden werden einzelne Ausführungsformen zur Lösung der Aufgabe anhand der Figuren beispielhaft beschrieben. Dabei weisen die einzelnen beschriebenen Ausführungsformen zum Teil Merkmale auf, die nicht zwingend erforderlich sind, um den beanspruchten Gegenstand auszuführen, die aber in bestimmten Anwendungsfällen gewünschte Eigenschaften bereitstellen. So sollen auch Ausführungsformen als unter die beschriebene technische Lehre fallend offenbart angesehen werden, die nicht alle Merkmale der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen aufweisen. Ferner werden, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, bestimmte Merkmale nur in Bezug auf einzelne der im Folgenden beschriebenen Ausführungsformen erwähnt. Es wird darauf hingewiesen, dass die einzelnen Ausführungsformen daher nicht nur für sich genommen, sondern auch in einer Zusammenschau betrachtet werden sollen. Anhand dieser Zusammenschau

wird der Fachmann erkennen, dass einzelne Ausführungsformen auch durch Einbeziehung von einzelnen oder mehreren Merkmalen anderer Ausführungsformen modifiziert werden können. Es wird darauf hingewiesen, dass eine systematische Kombination der einzelnen Ausführungsformen mit einzelnen oder mehreren Merkmalen, die in Bezug auf andere Ausführungsformen beschrieben werden, wünschenswert und sinnvoll sein kann und daher in Erwägung gezogen und auch als von der Beschreibung umfasst angesehen werden soll.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- Figur 1** zeigt eine beispielhafte Ausführungsform eines Wafertestsystems mit einem auf einem Chuck gelagerten Wafer, einem Testmittel zum Testen des Wafers und einer Temperiereinrichtung, welche ein Temperieren des Chucks mittels einer Vielzahl von elektrothermischen Wandlern ermöglicht;
- Figur 2** zeigt eine alternative beispielhafte Ausführungsform eines Wafertestsystems umfassend einen Chuck, ein Testmittel zum Testen des Wafers und einer Temperiereinrichtung, welche den Chuck mittels Einleiten eines Temperiermediums in den Chuck temperiert;
- Figur 3** zeigt eine Draufsicht eines Chucks und einem gelagerten Wafer mit einer Vielzahl an zu untersuchenden Strukturen sowie ein Testmittel zum Testen der Vielzahl an zu untersuchenden Strukturen und einer Vielzahl an Temperaturmessmitteln;
- Figur 4** zeigt einen beispielhaften Verlauf der von einer Vielzahl an Temperaturmessmitteln gemessenen Temperatur eines Chucks bzw. eines Wafers;
- Figur 5** zeigt eine alternative beispielhafte Ausführungsform eines Chucks umfassend zwei getrennte Temperierkreisläufe für unterschiedliche

Temperiermedien.

#### Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

Die **Figur 1** zeigt eine Schnittdarstellung eines Wafertestsystems 20 gemäß einer beispielhaften, besonders bevorzugten Ausführungsform. Das gezeigte Wafertestsystem 20 umfasst einen Chuck 1 bzw. eine Halte- bzw. Spannvorrichtung, welcher einen Wafer 2 lagert bzw. einspannt. Der Wafer 2 ist bevorzugt mittels eines angelegten Magnetfelds parallel zu einer im Wesentlichen ebenen Fläche des Chucks 1 gelagert. Alternativ kann der Chuck 1 eine Vielzahl von Ansaugrillen aufweisen (nicht dargestellt) über welche der Wafer mittels Unterdruck angesaugt und so von dem Chuck 1 eingespannt bzw. positioniert werden kann. Durch die Ansaugung wird der Wafer 2 an den Chuck 1 gepresst bzw. an diesem angeordnet, wodurch ein guter Wärmeübergangskoeffizient zwischen dem Chuck 1 und dem Wafer 2 gewährleistet ist. Der Chuck 1 umfasst bevorzugt einen Keramikkörper, beispielsweise umfassend Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid, sowie weiter bevorzugt eine elektrisch leitfähige Abschirmschicht an der zu dem Wafer 2 ausgerichteten Fläche des Chucks 1. Der Wafer 2 steht vorzugsweise in im Wesentlichen flächigen Kontakt zu der Abschirmschicht des Chucks 1. Der Wafer 2 weist bevorzugt ferner eine Waferfläche 3 auf, welche ein oder mehrere zu testende Strukturen 4 umfasst. Die zu testenden Strukturen 4 sind beispielsweise integrierte Schaltkreise oder elektrische Bauelemente (Diode, Transistor, etc.). Ein Wafer 2 kann dabei eine unterschiedliche Anzahl und/oder Anordnung von zu testenden Strukturen 4 aufweisen, je nach Größe der Waferfläche 3 und der zu testenden Strukturen 4.

In diesem Zusammenhang wird Bezug genommen auf besonders bevorzugte Ausführungen des Chucks wie in den Patentschriften DE 10 2005 014 513 B4 und DE 20 2005 014 918 U1 beschrieben, deren Inhalte hiermit in die vorliegende Offenbarung durch Bezugnahme aufgenommen wird.

Die dargestellte bevorzugte Ausführungsform des Wafertestsystems 10 umfasst weiter zumindest ein Testmittel 22, mit welchem eine zu testende Struktur 4 des Wafers 2

getestet werden kann. Besonders bevorzugt weist ein geeignetes Testmittel 22 ein oder mehrere Probe-Nadeln 23 auf, welche jeweils eine Kontaktstelle einer zu testenden Struktur 4 kontaktieren. Die Eigenschaften der Strukturen 4 können auf diese Weise untersucht bzw. getestet werden, beispielsweise durch Einleiten eines Stroms bzw. Anlegen einer Spannung und/oder Messen von Spannungen/Strömen mittels der Probe Nadeln 23. Die Steuerung des Testmittels 22, insbesondere die Ausrichtung des Testmittels 22 in Relation zu dem Wafer 2 bzw. zu den Strukturen 4, erfolgt beispielsweise durch eine (bevorzugt separate) Steuervorrichtung. Das Testmittel 22 wird in der gezeigten, bevorzugten Ausführungsform des Wafertestsystems 20 über den Wafer 2 bewegt und entsprechend der Positionen der zu testenden Strukturen 4 auf der Waferfläche 3 ausgerichtet. Darüber hinaus ist bevorzugt ein Positionserfassungsmittel 28 zum Erfassen und/oder Kontrollieren der Position des Testmittels 22 vorgesehen. Bevorzugt erhält ein solches Positionserfassungsmittel 28 die Position des Testmittels 22 beispielsweise von einer Stell- bzw. Positioniervorrichtung zum Bewegen des Testmittels 22. Alternativ und/oder zusätzlich kann das Positionserfassungsmittel 28 die Position des Testmittels 22 mittels Sensoren (z.B. Infrarotsensoren, resistiven Sensoren und/oder magnetischen Sensoren) erfassen. Die Position des Testmittels 22 wird mithilfe des Positionserfassungsmittels 28 bevorzugt in Relation zu einem Referenzelement/-punkt des Wafers 2 und/oder des Chucks 1 (z.B. Waferfläche 3, Struktur 4 des Wafers, Temperaturerfassungsmittel 6 des Chucks) erfasst bzw. bestimmt.

Alternativ zu dem im Vorgang beschriebenen Testmittel 22 kann ein zum Testen des Wafers 2 geeignetes Testmittel 22 eine sogenannte Probe-Card 24 aufweisen, wobei eine solche Probe-Card 24 bevorzugt eine Platine 25 mit einer Vielzahl an Kontaktelementen 26 umfasst, welche mit Kontaktstellen einer Vielzahl an zu testenden Strukturen 4 in Kontakt gebracht werden können. Die Verwendung einer solchen Probe-Card 24 hat insbesondere den Vorteil, dass eine Vielzahl der Strukturen 4 im Wesentlichen zeitgleich oder unmittelbar nacheinander getestet werden können, ohne Neuausrichtung des Testmittels 22. In Figur 2 ist eine weitere beispielhafte und bevorzugte Ausführungsform eines Wafertestsystems 20 mit einer solchen Probe-Card 24 als Testmittel 22 zum Testen der Strukturen 4 auf dem Wafer 2 dargestellt.

Der Chuck 1 umfasst in der gezeigten bevorzugten Ausführungsform eine Mehrzahl von Temperaturmessmitteln 6, welche geeignet sind, eine Temperatur des Wafers bzw. die Temperatur des Chucks 1 in einem Bereich nahe bzw. im Wesentlichen angrenzend zu dem Wafer 2 zu messen (z.B. Temperatursensoren: PT100, NTC, PTC, etc.). In der gezeigten Ausführungsform sind eine Vielzahl (bevorzugt 5) an Temperaturmessmitteln 6 nebeneinander in im Wesentlichen regelmäßigen Abständen und in einer Ebene im Wesentlichen parallel zu der Waferfläche 3 vorgesehen. Bevorzugt sind die Temperaturmessmittel 6 in dem Chuck 1 nahe derjenigen Fläche des Chucks 1 angeordnet, an welcher der Wafer 2 eingespannt/gelagert ist bzw. wird, sodass eine vorteilhafte Übertragung der Temperatur des Wafers 2 auf den Chuck 1 erfolgen kann. Der Chuck 1 gemäß der gezeigten beispielhaften Ausführungsform weist bevorzugt ein oder mehrere elektrothermische Wandler 9 (beispielsweise elektrische Heizelemente und/oder Peltier-Elemente) auf, um ein Temperieren des Chucks 1 und, in der Folge, des Wafers 2 zu ermöglichen. Bevorzugt weist der Chuck 1 mehr als 5, weiter bevorzugt mehr als 10, elektrothermische Wandler 9 auf, welche bevorzugt im Wesentlichen gleichmäßig im Chuck 1 verteilt angeordnet sind, sodass ein vorteilhaftes Temperieren, insbesondere Kühlen und/oder Erwärmen, des Chucks 1 erfolgen kann.

Alternativ zu der im Vorgang beschriebenen beispielhaften Ausführungsform eines Chucks 1 können auch andere Mittel bzw. Merkmale zum Temperieren bzw. zum Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks 1 gelagert werden. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform eines Chucks 1 weist eine Leitung 8 auf, welche dafür geeignet ist, von einem Temperiermedium 18, insbesondere von temperierter Luft und/oder temperiertem Liquid, durchströmt zu werden. Bevorzugt ist die Mediumleitung 8 des Chucks 1 derart ausgestaltet, dass bevorzugt ein Großteil des Chucks 1 im Wesentlichen einheitlich mittels des durch die Mediumleitung 8 strömenden Temperiermediums 18 temperiert werden kann. Besonders bevorzugt weist die Mediumleitung 8 zumindest Teilweise einen im Wesentlichen mäanderförmigen Verlauf im Inneren des Chucks 1 auf. In Figur 2 ist eine weitere beispielhafte und bevorzugte Ausführungsform eines Wafertestsystems 20 mit einem

Chuck 1, dessen Temperatur mittels eines Temperiermediums 18 gesteuert bzw. geregelt werden kann, dargestellt.

Die in der Figur 1 gezeigte beispielhafte und bevorzugte Ausführungsform eines Wafertestsystems 20 umfasst bevorzugt weiter eine Temperiereinrichtung 10 zum Steuern bzw. Regeln des Temperierens des Chucks 1 bzw. des Wafers 2. Bevorzugt weist die Temperiereinrichtung 10 Mittel zum Kommunizieren mit dem Chuck 1 auf, beispielsweise in Form einer oder mehrerer Kommunikationsschnittstellen 12, über welche die Temperiereinrichtung 12 mit dem Chuck 1 verbunden werden kann. Besonders bevorzugt weist die Temperiereinrichtung 12 zumindest eine erste Kommunikationsschnittstelle 12a auf, welche insbesondere dafür geeignet ist, elektrische Signale zu übertragen, insbesondere elektrischer Signale von ein oder mehreren Temperaturmessmitteln 6 an die Temperiereinrichtung 12. Weiter bevorzugt weist die Temperiereinrichtung 12 gemäß der gezeigten beispielhaften, bevorzugten Ausführungsform zumindest eine weitere Kommunikationsschnittstelle 12c auf, welche insbesondere eine Kommunikation mit den ein oder mehreren elektrothermischen Wandlern 9 des Chucks 1 ermöglicht, insbesondere ein Ansteuern der elektrothermischen Wandler 9. Alternativ und/oder zusätzlich kann eine einzige Kommunikationsschnittstelle 12 für das Kommunizieren mit den Temperaturmessmitteln 6 und den elektrothermischen Wandlern 9 bereitgestellt werden.

Die gezeigte beispielhafte Temperiereinrichtung 12 weist ferner bevorzugt eine Steuereinheit 14 (z.B. (Mikro-)Controller, FPGA, etc.) auf, welche mit den ein oder mehreren Kommunikationsschnittstellen 12 in Verbindung steht und über diese mit dem Chuck 1 kommunizieren kann. Insbesondere ist die Steuereinheit 14 dafür geeignet, die Signale der Temperaturmessmittel/Temperatursensoren 6 des Chucks 1 zu empfangen, zu verarbeiten und/oder auszuwerten. Ferner ist die beispielhafte und bevorzugte Ausführungsform der Steuereinheit 14 der Figur 1 dazu geeignet, ein Temperieren des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 zu beeinflussen bzw. zu steuern/regeln. Insbesondere ist die Steuereinheit 14 dazu geeignet, die elektrothermischen Wandler 9 des Chucks 1 anzusteuern, um die Temperatur des Chucks 1 zu erhöhen, zu

verringern und/oder im Wesentlichen konstant zu halten. Weiter bevorzugt ist die Steuereinheit 14 ausgebildet zum Erhalten der Position des Testmittels 22 von dem Positionserfassungsmittel 28. Alternativ und/oder zusätzlich ist die Steuereinheit 14 bevorzugt dafür geeignet, ein Zuleiten und/oder Ableiten eines Temperiermediums 18 zum Temperieren des Chucks 1 und/oder die Temperatur des Temperiermediums 18 zu steuern bzw. zu regeln. Eine detaillierte Ausführung hierzu ist in Bezug auf die Figur 2 beschrieben.

Die in der Figur 1 gezeigte, besonders bevorzugte Ausführungsform der Steuereinheit 14 ermöglicht es der Temperiereinrichtung 10 überdies, ein Verfahren zur Temperatursteuerung bzw. -regelung (Temperierung) eines Chucks 1 bzw. eines von einem Chuck 1 gelagerten bzw. eingespannten Wafers 2 durchzuführen, umfassend den Schritt:

Ermitteln der jeweiligen räumlichen Abstände zwischen dem Testmittel 22 und einer Vielzahl von Temperaturmessmitteln 6 zum Messen einer Temperatur des Chucks 1 bzw. eines von dem Chuck 1 eingespannten Wafers 2.

Die Steuereinheit 14 in der gezeigten bevorzugten Ausführungsform kann den jeweiligen räumlichen Abstand zwischen dem Testmittel 22 und der Vielzahl an Temperaturmessmitteln 6 des Chucks 1 ermitteln.

Ein für diesen Schritt geeignetes, beispielhaftes und bevorzugtes Verfahren umfasst ein Definieren der Positionen des Testmittels 22 und der Vielzahl an Temperaturmessmitteln 6 in einem (bevorzugt kartesischen) Koordinatensystem. Dabei wird die Position des Testmittels 22 bevorzugt auf einen Punkt bzw. einen im Wesentlichen punktförmigen, infinitesimal kleinen Bereich, weiter bevorzugt in einer Ebene im Wesentlichen parallel zu der Waferfläche 3, genähert. Besonders bevorzugt entspricht dieser Punkt im Wesentlichen einem geometrischen Schwerpunkt des Testmittels 22 bzw. dessen Projektion auf die durch die Temperaturmessmittel 6 des Chucks 1 definierte Ebene. Weiter bevorzugt wird ein Referenzpunkt als Koordinatenursprung bzw. Pol/Nullpunkt eines zweidimensionalen

Koordinatensystems bestimmt, welcher sich bevorzugt auf der Ebene der Vielzahl von Temperaturmessmitteln 6 befindet. Ferner bevorzugt werden die Positionen der einzelnen Temperaturmessmittel 6, ebenso wie das Testmittel 22, auf einen im Wesentlichen punktförmigen, infinitesimal kleinen Bereich (bevorzugt dem geometrischen Schwerpunkt entsprechend) genähert und einer Koordinate in dem Koordinatensystem zugeordnet. Im Weiteren ermittelt die Steuereinheit 14 die Abstände der einzelnen Temperaturmessmittel 6 zu dem Testmittel 22, bevorzugt mittels Berechnung der Länge (Betrag) der Verbindungsvektoren zwischen den jeweiligen Koordinaten des Testmittels 22 und der Temperaturmessmittel 6.

Das im Vorgang beschriebene Verfahren zum Ermitteln der räumlichen Abstände zwischen dem Testmittel 22 und den einzelnen Temperaturmessmitteln 6 stellt lediglich eine beispielhafte bevorzugte Ausführungsform dar. Beispielsweise können die Positionen des Testmittels 22 bzw. der Temperaturmessmittel 6 ebenso Koordinaten in einem dreidimensionalen Koordinatensystem zugeordnet werden (ohne Projektion auf eine bestimmte Ebene - siehe Figur 2). Darüber hinaus können jegliche alternative Methoden für das Bestimmen der Abstände des Testmittels 22 zu den Temperaturmessmitteln 6 verwendet werden.

Weiter umfasst das beispielhafte, bevorzugte Verfahren zur Temperatursteuerung bzw. -regelung (Temperierung) eines Chucks 1 bzw. eines von einem Chuck 1 eingespannten Wafers 2 den Schritt:

Wählen eines Temperaturmessmittels 6 aus der Vielzahl von Temperaturmessmitteln 6 als Referenz-Temperaturmessmittel;

wobei bevorzugt dasjenige Temperaturmessmittel 6 gewählt wird, welches den geringsten räumlichen Abstand zu dem Testmittel 22 aufweist.

Bevorzugt vergleicht die Steuereinheit 14 hierzu die ermittelten räumlichen Abstände  $A_i$  der einzelnen Temperaturmessmittel 6 zu dem Testmittel 22 und wählt das Temperaturmessmittel 6 mit dem geringsten Abstand  $A_i$  als Referenz-

Temperaturmessmittel. Besonders bevorzugt findet, für den Fall, dass zwei oder mehr Temperaturmessmittel 6 im Wesentlichen denselben Abstand bzw. Abstände mit einem Unterschied, welcher geringer ist als ein bestimmter Toleranzwert  $T \pm$  (bevorzugt kleiner als etwa 1 cm, weiter bevorzugt kleiner als etwa 0,1 cm), aufweisen, eine (weitere) Auswahl unter den betroffenen Temperaturmessmitteln 6 statt und zwar durch Wählen desjenigen Temperaturmessmittels 6 aus den zwei oder mehr Temperaturmessmitteln 6 (deren ermittelte räumliche Abstände zu dem Testmittel 22 innerhalb einer bestimmten Toleranz  $T \pm$  liegen und/oder im Wesentlichen gleich groß sind), welches den größten Betrag der Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  und/oder Temperaturänderung pro Zeit  $T_{grad}$  aufweist.

Alternativ können auch zwei oder mehr der Temperaturmessmittel 6 als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt werden und beispielsweise ein Durchschnitt der von den Referenz-Temperaturmessmitteln gemessenen Temperaturen als Referenztemperatur zum Temperieren des Chucks 1 verwendet werden.

Für den im Vorgang beschriebenen Fall, dass zwei oder mehr Temperaturmessmittel 6 einen im Wesentlichen identischen Abstand zu dem Testmittel 22 aufweisen, wird weiter bevorzugt die von den betroffenen bzw. den einen im Wesentlichen identischen Abstand zu dem Testmittel aufweisenden, Temperaturmessmitteln 6 gemessenen Temperaturen bzw. Temperaturverläufe verglichen:

Dabei entspricht die individuelle Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  eines Temperaturmessmittels 6 dem Betrag der Differenz zwischen einer von dem Temperaturmessmittel 6 gemessenen Temperatur zum Zeitpunkt  $t$   $T(t)$  und:

einer Soll-Temperatur des Chucks bzw. des Wafers  $T_{soll}$ :

$$T_{diff} = | T(t) - T_{soll} |$$

oder

einer zuvor gemessenen Temperatur  $T(t-x)$  desselben Temperaturmessmittels 6:

$$T_{diff} = | T(t) - T(t-x) |$$

(ein Wahlverfahren basierend auf dieser Temperaturdifferenz wird in den Figuren 3 und 4 beispielhaft dargestellt)

oder

einer Durchschnittstemperatur einer Mehrzahl X von Temperaturmessmitteln 6 (bevorzugt aller Temperaturmessmittel 6 des Chucks 1) Tavg:

$$T_{diff} = |T(t) - T_{avg}| = |T(t) - (T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_X)/X|.$$

Die Temperaturänderung pro Zeit Tgrad innerhalb einer bestimmten Zeitdauer t1 entspricht bevorzugt dem Betrag einer Änderung der von einem Temperaturmessmittel 6 gemessenen Temperatur über eine Zeitdauer bzw. einen Zeitraum t1:

$$T_{grad} = |T(x) - T(x+t_1)|.$$

Dadurch wird im Weiteren dasjenige Temperaturmessmittel 6 als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt, welches den größte Temperaturverlust bzw. die größte Temperaturerhöhung innerhalb eines Zeitraums t1 erfasst. Der Zeitraum t1, über welchen der Temperaturverlauf ermittelt wird, ist bevorzugt kleiner als etwa 5 Sekunden, weiter bevorzugt kleiner als etwa 1 Sekunde, weiter bevorzugt kleiner als etwa 0,1 Sekunden.

Die im Vorgang beschriebenen Parameter zum (weitem) Wählen eines der Temperaturmessmittel 6 aus den betroffenen Temperaturmessmitteln 6 können sowohl alleine für sich als auch in beliebiger Kombination, gegebenenfalls mit unterschiedlicher Gewichtung, für den Schritt des Wählens des Referenz-Temperaturmessmittels herangezogen werden. Selbiges gilt für den ermittelten Abstand der betroffenen Temperaturmessmittel. Darüber hinaus können auch weitere, alternative Parameter für das Wählen des Referenz-Temperaturmessmittels herangezogen werden.

Weiter umfasst das beispielhafte, bevorzugte Verfahren zur Temperatursteuerung bzw. -regelung (Temperierung) eines Chucks 1 bzw. eines von einem Chuck 1

eingespannten Wafers 2 den Schritt: Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks 1 basierend auf der von dem gewählten Referenz-Temperaturmessmittel gemessenen Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2.

Bevorzugt wird die Temperatur des gesamten Chucks 1, d.h. bevorzugt aller Mittel zum Temperieren des Chucks 1 (z.B. elektrothermische Wandler, Temperiermedium/Mediumleitung), im Wesentlichen einheitlich/identisch angesteuert, sodass ein im Wesentlichen einheitliches Temperieren des Chucks 1 erfolgt. Für das Steuern bzw. Regeln der Temperatur (Temperieren) des Chucks 1 wird bevorzugt ausschließlich die gemessene Temperatur des gewählten Referenz-Temperaturmessmittels verwendet. Bevorzugt wird die von dem Referenz-Temperaturmessmittel gemessene Temperatur mit einer festgelegten Soll-Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 verglichen und beispielsweise durch entsprechendes Ansteuern der Mittel zum Temperieren (z.B. elektrothermische Wandler 9) im Wesentlichen an die Soll-Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 angeglichen (siehe auch Figur 4). In der Folge ist es möglich, dass verschiedene Bereiche des Chucks 1, welche die Temperatur des Wafers 2 beeinflussen, unterschiedliche Temperaturen aufweisen.

Die **Figur 2** zeigt eine Schnittdarstellung eines Wafertestsystems 20 gemäß einer weiteren beispielhaften und besonders bevorzugten Ausführungsform (ähnlich der Ausführungsform in der Figur 1). Das gezeigte Wafertestsystem 20 umfasst einen Chuck 1, welcher einen Wafer 2, bevorzugt mittels eines Magnetfelds oder Anlegen eines Unterdrucks, einspannt. Der Chuck 1 weist bevorzugt, ebenso wie der Chuck 1 in Figur 1, eine Vielzahl an Temperaturmessmitteln 6 (z.B. PT100, NTC, PTC) zum Messen der Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 auf, welche mit einer Steuereinheit 14 über eine erste Kommunikationsschnittstelle 12a verbunden sind. Das Wafertestsystem 20 ist gleichermaßen wie das System der Figur 1 dafür geeignet, das im Vorgang beschriebene Verfahren zur Temperierung eines Chucks 1 bzw. eines Wafers 2 durchzuführen.

Alternativ zu dem in Figur 1 gezeigten Wafer-Testsystem 20 wird jedoch bei dem in

Figur 2 dargestellten System eine sogenannte Probe-Card 24 als Testmittel 22 zum Testen des Wafers 2 bzw. der Strukturen 4 auf dem Wafer 2 bereitgestellt. Eine solche Probe-Card 24 umfasst bevorzugt eine Platine 25 mit einer Vielzahl an Kontaktelementen 26, wobei die Vielzahl an Kontaktelementen 26 der Probe-Card 24 derart angeordnet sind, dass diese mit Kontaktstellen mehrerer zu testenden Strukturen 4 auf dem Wafer 2 in Kontakt gebracht werden können. So können durch einmaliges Ausrichten bzw. Positionieren des Testmittels 22 bzw. der Probe-Card 24 mehrere Strukturen vorteilhaft im Wesentlichen zeitgleich und/oder sequentiell getestet werden, was eine Beschleunigung des Testverfahrens ermöglicht.

Ebenfalls gezeigt ist ein unterschiedliches Ermitteln der jeweiligen räumlichen Abstände zwischen den Temperaturmessmitteln 6 und dem Testmittel 22 bzw. der Probe-Card 24. Die Position der Probe-Card 24 wird nicht, wie etwa in der Figur 1 gezeigt, auf eine Ebene, welche durch die Positionen der Temperaturmessmittel 6 gebildet wird, projiziert, sondern gemäß einer alternativen Methode ermittelt. Diese beispielhafte, bevorzugte Methode weist jeweils dem Testmittel 22 (Probe-Card 24) und den Temperaturmessmitteln 6 eine Koordinate in einem dreidimensionalen (bevorzugt kartesischen) Koordinatensystem zu und ermittelt die Länge bzw. den Betrag der Verbindungsvektoren im dreidimensionalen Raum. Ebenso wie zu Figur 1 beschrieben, werden die Positionen der einzelnen Temperaturmessmittel 6 und des Testmittels 22 bevorzugt auf einen im Wesentlichen punktförmigen, infinitesimal kleinen Bereich (bevorzugt entsprechend dem jeweiligen geometrischen Schwerpunkt) genähert. Die Abstände  $A_i$  entsprechen der Länge (Betrag) der Verbindungsvektoren zwischen den Koordinaten der Temperaturmessmittel 6 und dem Testmittel 22.

Ebenfalls unterschiedlich zu der in der Figur 1 gezeigten Ausführungsform umfasst das Mittel zum Temperieren bzw. zum Steuern bzw. Regeln der Temperatur des Chucks 1 ein Temperiermedium 18 und eine in dem Chuck 1 angeordnete Mediumleitung 8 zum Leiten des Temperiermediums 18. Das Temperiermedium umfasst beispielsweise temperierte Luft und/oder temperiertes Liquid und durchströmt die Mediumleitung 8 des Chucks, um ein Temperieren (Erhöhen/Absenken/Erhalten einer Temperatur des

Chucks 1) zu erreichen. Bevorzugt ist die Mediumleitung 8 des Chucks 1 zumindest Bereichsweise im Wesentlichen mäanderförmigen ausgestaltet, sodass ein vorteilhaftes Temperieren des Chucks 1 mittels des Temperiermediums 18 erreicht werden kann. Entsprechend der dargestellten bevorzugten Ausgestaltung weist die Temperiereinrichtung 10 eine entsprechende Kommunikationsschnittstelle 12b auf, welche beispielsweise zum Einleiten und/oder Ableiten des Temperiermediums in den Chuck 1 bzw. aus dem Chuck 1 geeignet ist. Bevorzugt ist eine entsprechend ausgestaltete Steuereinheit 14 dazu geeignet, die Strömungsparameter, die Temperatur und/oder die Zusammensetzung des Temperiermediums 18 bedarfsgerecht zu beeinflussen bzw. anzupassen. Als Temperiermedium sind insbesondere verschiedene Alkohole wie Amylalkohol (Pentanol) und Methanol, aber auch Heptan geeignet. Geeigneter ist ein Thermoöl auf Silikonöl-Basis verwendet werden. Bevorzugt wird ein Temperierfluid verwendet, das perfluorierten Polyether (z.B. unter dem Handelsnamen Galden HT von Solvay Solexis S.p.A. erhältlich), Poly(oxyperfluoro-n-alkylen) (z.B. unter dem Handelsnamen Galden ZT von Solvay Solexis S.p.A. erhältlich) und/oder eine Mischung aus Triethoxyalkylsilanen (z.B. unter dem Handelsnamen DW-Therm von DWS Synthesetechnik erhältlich) enthält. Verwendet werden können aber auch andere dem Fachmann bekannte Stoffe. Weiter bevorzugt kann der Chuck 1 mehrere (eigenständige) Mediumleitungen 8 aufweisen, welche bevorzugt geeignet sind einen Großteil des Chucks 1 zu temperieren, welche weiter bevorzugt im Wesentlichen einheitlich gesteuert werden können, sodass ein im Wesentlichen einheitliches Temperieren des gesamten Chucks 1 bzw. aller Temperierelemente des Chucks angewandt werden kann.

Die **Figur 3** zeigt eine Draufsicht eines Chucks 1 gemäß einer bevorzugten Ausführungsform mit einem gelagerten bzw. eingespannten Wafer 2, welcher eine im Wesentlichen kreisrunde Waferfläche 3 aufweist. Der Wafer weist eine Vielzahl (bevorzugt zwischen 1 und etwa 1000; weiter bevorzugt zwischen etwa 5 und etwa 200; weiter bevorzugt zwischen etwa 10 und etwa 100; beispielsweise 14, wie in Figur 3 gezeigt) an zu testenden Strukturen 4 auf, welche in einem im Wesentlichen gleichmäßigen Muster in bzw. auf dem Wafer 2 (Waferfläche 3) angeordnet sind. Der Chuck 1 weist in der abgebildeten, beispielhaften Ausführungsform eine Vielzahl

(bevorzugt zwischen etwa 3 und etwa 20; beispielsweise 5, wie in Figur 3 gezeigt) Temperaturmessmittel 6a, 6b, 6c, 6d, 6e, bevorzugt PT-100-Temperatursensoren, auf, welche sich bevorzugt unterhalb des Wafers 2 befinden. Alternativ und/oder zusätzlich können andere Temperatursensoren, wie beispielsweise HTCs und/oder NTCs bereitgestellt werden, um die Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 zu messen.

Die Temperaturmessmittel 6a-6e sind bevorzugt wie abgebildet gemäß einem Muster und weiter bevorzugt im Wesentlichen gleichmäßig über die Waferfläche 3 verteilt angeordnet. Figur 3 zeigt außerdem ein Testmittel 22 mit einer Vielzahl (bevorzugt 4) Probe-Nadeln 23 (nicht gekennzeichnet), welche dafür geeignet sind, Kontaktflächen der zu testenden Strukturen 4 zu kontaktieren um diese zu testen.

In dem in der Figur 3 dargestellten Zustand des Testmittels 22 befindet sich dieses im Wesentlichen über einer der Vielzahl der zu testenden Strukturen 4, wobei dessen Probe-Nadeln 23 jeweils eine Kontaktfläche der Struktur 4 kontaktieren. In diesem Zustand weist das Testmittel 22 eine (bevorzugt angenäherte, im Wesentlichen punktförmige und im Wesentlichen dem geometrischen Schwerpunkt entsprechende) Position auf, deren Abstand zu den (bevorzugt angenäherten, im Wesentlichen punktförmigen und im Wesentlichen dem geometrischen Schwerpunkt entsprechenden) Positionen der Temperaturmessmittel 6a, 6b und 6c im Wesentlichen identisch ist (bzw. wobei die Abstände zwischen dem Testmittel 22 und jeweils eines der Temperaturmessmittel A6a, A6b bzw. A6c einen Unterschied aufweisen, welcher innerhalb eines festgelegten Toleranzwertes  $T \pm$  liegt). Liegt ein solcher Fall bei Anwendung des im Vorgang beschriebenen Verfahrens zur Temperatursteuerung- bzw. Regelung des Chucks 1 vor, so erfolgt bevorzugt ein Wählen des Referenz-Temperaturmessmittels aus den Temperaturmessmitteln 6a, 6b und 6c unter Berücksichtigung der Temperaturdifferenz  $T_{diff}$  und/oder des Temperaturgradienten  $T_{grad}$  der Temperaturmessmitteln 6a, 6b und 6c.

Die **Figur 4** zeigt einen beispielhaften Temperaturverlauf für die in Figur 3 gezeigte und im Vorgang beschriebene Anordnung. Gezeigt sind die Verläufe der von den Temperaturmessmitteln 6a-6e gemessenen Temperaturen  $T_{6a}$ ,  $T_{6b}$ ,  $T_{6c}$ ,  $T_{6d}$  und

T6e. Wie im Vorgang beschrieben findet das Wählen des Referenz-Temperaturmessmittels, welches dem Regeln- bzw. Steuern der Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2 zugrunde gelegt wird, aus den Temperaturmessmitteln 6a, 6b und 6c statt. Hierzu werden im vorliegenden, bevorzugten Beispiel die Temperaturdifferenzen  $T_{diff}$  der zum Zeitpunkt  $t$  gemessenen Temperatur  $T(t)$  der Temperaturmessmittel 6a-6c mit den jeweils zum Zeitpunkt  $t-x$  (d.h. einem Zeitraum von der Dauer  $x$  vor dem Zeitpunkt  $t$ ) gemessenen Temperaturen der jeweiligen Temperaturmessmittel 6a-6c ermittelt:

$$T_{diff6a} = | T6a(t) - T6a(t-x) |$$

$$T_{diff6b} = | T6b(t) - T6b(t-x) |$$

$$T_{diff6c} = | T6c(t) - T6c(t-x) |$$

In Figur 3 ist beispielhaft bzw. stellvertretend die Temperaturdifferenz  $T_{diff6a}$  des Temperaturmessmittels 6a dargestellt, welche in diesem beispielhaften Szenario ebenfalls der größten Temperaturdifferenz von den Temperaturmessmitteln 6a-6c entspricht.

Die Temperaturdifferenzen  $T_{diff6a}$ ,  $T_{diff6b}$  und  $T_{diff6c}$  werden miteinander verglichen und die Temperaturdifferenz mit dem höchsten Wert ermittelt. Gemäß dem beispielhaften Verfahren wird das der Temperaturdifferenz mit dem höchsten Wert zugehörige Temperaturmessmittel 6 als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt. Folglich wird in dem vorliegenden beispielhaften und bevorzugten Verfahren das Temperaturmessmittel 6a als Referenz-Temperaturmessmittel gewählt, und zum Temperieren des Chuck 1 bzw. des Wafers 2 verwendet.

Das Temperieren (Steuern bzw. Regeln der Temperatur) erfolgt ferner bevorzugt mittels im Wesentlichen angleichen der von dem Temperaturmessmittel 6a gemessenen Temperatur. Wie in Figur 4 erkennbar ist, beeinflusst das Temperieren jedes der Vielzahl von Temperaturmessmittel 6 und somit bevorzugt im Wesentlichen alle bzw. zumindest einen Großteil der Bereiche des Chucks 1. Im vorliegenden Beispiel messen die Temperaturmessmittel 6b-6e einen Wert (deutlich) unterhalb der

Soll-Temperatur des Wafers 1 bzw. des Chucks 1.

Das zu Figur 3 und 4 erläuterte Verfahren ist lediglich eine beispielhafte, bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens zum Temperieren eines Chucks bzw. Wafers. Insbesondere die Parameter, welche zum Wählen des Referenz-Temperaturmessmittels verwendet werden, können je nach Anforderung und/oder Wunsch variiert werden. Hier kann beispielsweise ein Temperaturgradient der Temperaturmessmittel als bestimmender Parameter gewählt bzw. hinzugezogen werden. Ebenfalls können die gemessenen Temperaturen von zwei oder mehr Temperaturmessmitteln 6, beispielsweise durch Bilden des Durchschnitts der gemessenen Temperaturen, als Referenz-Wert für das Temperieren verwendet werden. Auch die Methode des Temperierens kann auf alternative Weise erfolgen, beispielsweise durch im Wesentlichen halbieren des Unterschieds der Temperatur des Referenz-Temperaturmessmittels und der Soll-Temperatur des Chucks 1 bzw. des Wafers 2.

Die **Figur 5** zeigt eine weiter bevorzugte Ausführungsform eines Chucks 1, wobei ein Temperieren des Chucks 1 durch bevorzugt unterschiedliche Temperiermedien 18a, 18b in bevorzugt einem ersten Temperierkreislauf 30 und einem zweiten Temperierkreislauf 32 ermöglicht wird. Weiter bevorzugt weisen die beiden Temperierkreisläufe 30, 32 jeweils eine zumindest bereichsweise und im Wesentlichen mäanderförmig verlaufende Mediumleitung 8a, 8b auf. Diese beispielhafte und bevorzugte Ausführungsform ermöglicht ein vorteilhaftes Temperieren des Chucks 1, da bevorzugt unterschiedliche Temperiermedien 18 für das Temperieren in unterschiedlichen Temperaturbereichen verwendet werden können. Beispielsweise werden für einen ersten Temperaturbereich, beispielsweise für einen Bereich zwischen etwa  $-75^{\circ}\text{C}$  und etwa  $100^{\circ}\text{C}$ , ein erstes Temperiermedium 18a verwendet und für einen zweiten Temperaturbereich, beispielsweise zwischen etwa  $50^{\circ}\text{C}$  bis etwa  $400^{\circ}\text{C}$ , ein zweites Temperiermedium 18b. Als Temperiermedium 18 sind insbesondere verschiedene Alkohole wie Amylalkohol (Pentanol) und Methanol, aber auch Heptan geeignet. Geeigneter ist ein Thermoöl auf Silikonöl-Basis verwendet werden. Bevorzugt wird ein Temperierfluid verwendet, das perfluorierten Polyether

(z.B. unter dem Handelsnamen Galden HT von Solvay Solexis S.p.A. erhältlich), Poly(oxyperfluoro-n-alkylen) (z.B. unter dem Handelsnamen Galden ZT von Solvay Solexis S.p.A. erhältlich) und/oder eine Mischung aus Triethoxyalkylsilanen (z.B. unter dem Handelsnamen DW-Therm von DWS Synthesetechnik erhältlich) enthält. Verwendet werden können aber auch andere dem Fachmann bekannte Stoffe.

Ferner weist der Chuck 1 der Figur 5 bevorzugt ein oder mehrere elektrothermische Wandler 9 auf, um eine weiter vorteilhafte Temperierung des Chucks 1 zu ermöglichen. Die ein oder mehreren elektrothermischen Wandler 9 sind bevorzugt insbesondere für eine präzise und schnell anzupassende Temperierung in einem vergleichsweise geringen Temperaturbereich von etwa  $\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  geeignet.

In diesem Zusammenhang wird Bezug genommen auf die bevorzugte Ausgestaltung eines hierfür besonders geeigneten Chucks beschrieben in der Patentschrift DE 10 2005 049 598 B4, deren Inhalt hiermit in die vorliegende Offenbarung durch Bezugnahme aufgenommen wird.

**Bezugszeichenliste**

|    |                             |
|----|-----------------------------|
| 1  | Chuck                       |
| 2  | Wafer                       |
| 3  | Waferfläche                 |
| 4  | zu testende Struktur        |
| 6  | Temperaturmessmittel        |
| 8  | Mediumleitung               |
| 9  | elektrothermischer Wandler  |
| 10 | Temperiereinrichtung        |
| 12 | Kommunikationsschnittstelle |
| 14 | Steuereinheit               |
| 18 | Temperiermedium             |
| 20 | Wafertestsystem             |
| 22 | Testmittel                  |
| 23 | Probe-Nadel                 |
| 24 | Probe-Card                  |
| 25 | Platine                     |
| 26 | Kontaktelement              |
| 28 | Positionserfassungsmittel   |
| 30 | erster Temperierkreislauf   |
| 32 | zweiter Temperierkreislauf  |