

BeschreibungQUERVERWEIS AUF VERWANDTE
ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Anmeldung beruht auf der am 5. März 2018 in Japan eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2018-38843 und beansprucht deren Priorität.

[0002] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Testvorrichtung zur Prüfung eines auf einem Aufspanntisch angebrachten elektronischen Bauelements.

HINTERGRUND

[0003] Bei einem Halbleiterherstellungsverfahren werden auf einem Halbleiterwafer (im Folgenden als „Wafer“ bezeichnet) mehrere elektronische Bauelemente ausgebildet, die ein vorgegebenes Schaltungsmuster aufweisen. Die fertigen elektronischen Bauelemente werden auf ihre elektrischen Eigenschaften oder Ähnliches geprüft und in defektfreie und defekte Produkte klassifiziert. Die Prüfung der elektronischen Bauelemente kann beispielsweise mit Hilfe einer Testvorrichtung an dem Wafer vor dem Aufteilen des Wafers in die elektronischen Bauelemente erfolgen.

[0004] Eine Testvorrichtung für ein elektronisches Bauelement, die als Prober oder dergleichen bezeichnet werden kann (im Folgenden als „Prober“ bezeichnet), umfasst eine Proberplatine mit mehreren stiftförmigen Prüfspitzen, einen Aufspanntisch zum Anbringen eines Wafers und einen IC-Tester (siehe JP H10 - 135 315 A). Ein solcher Prober prüft elektrische Eigenschaften der elektronischen Bauelemente, indem die jeweiligen Prüfspitzen der Proberplatine mit Elektrodenkontaktflächen oder Lötperlen in Kontakt gebracht werden, die den Elektroden der elektronischen Bauelemente entsprechend angeordnet sind, und überträgt Signale von den elektronischen Bauelementen an einen IC-Tester. Außerdem wird bei einem der Offenbarung in der JP H10 - 135 315 A gemäßen Prober bei einer Prüfung der elektrischen Eigenschaften der elektronischen Bauelemente die Temperatur des Wafers zur Simulation der Implementierungsumgebung gesteuert, indem die Temperatur des Aufspanntisches mit Hilfe eines Kühlmittelkanals und einer im Aufspanntisch installierten Heizung gesteuert wird.

[0005] JP 2008-060560 A offenbart eine Tempervorrichtung zum Tempern eines Wafers. Die Tempervorrichtung weist einen Prozessraum auf, in welchen der Wafer geladen wird. An einer Deckenwand und einer Bodenwand des Prozessraums sind an einer dem Wafer entsprechenden Stelle Öffnungen ausgebildet, und Lichtübertragungselemente sind so am

Prozessraum befestigt, dass sie die Öffnungen abdecken. An der Deckenwand des Prozessraums ist ein erstes Gehäuse vorgesehen, welches die oberen Lichtübertragungselemente umgibt, und an der Bodenwand des Prozessraums ist ein zweites Gehäuse vorgesehen, welches die unteren Lichtübertragungselemente umgibt. Von dem ersten und zweiten Gehäuse werden Wärmequellen aufgenommen, die jeweils mehrere LED-Elemente umfassen. In den ersten und zweiten Gehäusen sind jeweils Halterungen ausgebildet, welche den Rand der Lichtübertragungselemente halten. Unmittelbar benachbart zu den Halterungen ist ein Raum vorgesehen, der von einem Kühlmittel durchströmt wird.

[0006] JP 2015-056624 A offenbart eine Temperatur-Steuervorrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Temperatur eines Wafers anzupassen. Die Temperatur-Steuervorrichtung weist einen Aufspanntisch auf, auf welchem der Wafer platziert wird, und eine Hebeeinrichtung, um den Wafer zwischen einer ersten Position auf dem Aufspanntisch und einer über der ersten Position befindlichen zweiten Position auf und ab zu bewegen. Eine Heizeinrichtung zum Beheizen des Wafers mit Licht ist vorgesehen. Weiter ist eine Kühleinrichtung zum Kühlen des Wafers vorgesehen, indem Kältemittel in den Aufspanntisch geleitet wird.

[0007] Elektronische Bauelemente wurden in den vergangenen Jahren immer schneller und kleiner, wodurch der Integrationsgrad anstieg und die beim Betrieb erzeugte Wärmemenge deutlich zugenommen hat. Daher kann die Prüfung eines elektronischen Bauelements an einem Wafer zu einer thermischen Belastung der anderen elektronischen Bauelemente führen, wodurch es in den anderen elektronischen Bauelementen zu Problemen kommen kann.

[0008] Um ein Auftreten dieses Problems zu verhindern, kann ein Verfahren in Betracht gezogen werden, bei dem der auf ein anderes elektronisches Bauelement einwirkenden thermischen Belastung durch Steuern der Temperatur des sich in der Prüfung befindenden elektronischen Bauelements mit Hilfe des Kühlmittelkanals oder der Heizung des Aufspanntisches des in dem Patentedokument JP H10 - 135 315 A vorgestellten Probers entgegengewirkt wird. Bei Verwendung des Kühlmittelkanals und der Heizung in dem Aufspanntisch kann zwar die Temperatur des Wafers als Ganzes kontrolliert werden, einem Einwirken der thermische Belastung auf andere elektronische Bauelemente kann jedoch nicht durch eine lokale Steuerung der Wafertemperatur, beispielsweise indem die Temperatur lediglich in der Umgebung des sich in der Prüfung befindenden elektronischen Bauelements gesteuert wird, entgegengewirkt werden. Dies liegt daran, dass der Kühlmittelkanal und das Heizelement nicht einfach klei-

ner gemacht werden können, sodass eine lokale Anordnung von Kühlmittelkanal und Heizelement lokal im Aufspanntisch schwierig ist.

[0009] Daher vermeidet man beispielsweise eine auf andere elektronische Bauelemente einwirkende thermische Belastung, indem man die an das sich in der Prüfung befindende elektronische Bauelement angelegte Spannung geringer hält als die in der Implementierungsumgebung anzulegende relativ hohe Implementierungsspannung. Dadurch lässt sich ein bei Anlegen einer Implementierungsspannung auftretendes Problems nicht erkennen, bevor das elektronische Bauelement in ein Gehäuse eingebaut wurde, wodurch die Ausbeute der eingehäusten Bauelemente abnimmt und die Kosten zunehmen.

[0010] Ein Aufgabe der Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung besteht in der Angabe einer Testvorrichtung für ein elektronisches Bauelement, bei der einer Erhöhung der Kosten des elektronischen Bauelements entgegengewirkt werden kann.

KURZBESCHREIBUNG

[0011] Die vorstehende Aufgabe wird durch die Kombination der Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

[0012] Bei der vorliegenden Offenbarung ist eine Testvorrichtung vorgesehen, die zum Prüfen eines elektronischen Bauelements einen Anschlusskontakt in elektrischen Kontakt mit dem auf einem Testobjekt ausgebildeten elektronischen Bauelement bringt, wobei die Testvorrichtung aufweist: einen Aufspanntisch, der einen Kühlmittelkanal aufweist, durch den ein zum Übertragen von Licht geeignetes Kühlmittel strömt, der zum Anbringen des Testobjekts daran ausgebildet ist und der eine der Seite für das Anbringen des Testobjekts gegenüberliegende Seite aufweist, die von einem lichtdurchlässigen Bauteil gebildet ist; einen Lichtbestrahlungsmechanismus mit LEDs, die so angeordnet sind, dass sie zu einer Oberfläche an der der Seite für das Anbringen des Testobjekts am Aufspanntisch gegenüberliegenden Seite weisen, wobei die LEDs zum Testobjekt gerichtet sind; und eine Steuerung, die ausgebildet ist, die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements durch Steuern der Wärmeabsorption durch das Kühlmittel und der Erwärmung durch Licht von den LEDs zu steuern, wobei die Steuerung so ausgebildet ist, dass sie eine Lichtausgangsleistung der LEDs auf Basis von zumindest einer gemessenen Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements steuert und die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel auf Basis der Lichtausgangsleistung der LEDs steuert.

[0013] Mit einer Testvorrichtung, die einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung entspricht, kann einer Erhöhung der Kosten eines elektronischen Bauelements entgegengewirkt werden.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht, die den Aufbau einer Testvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulicht.

Fig. 2 zeigt eine Vorderansicht, die den Aufbau einer Testvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung schematisch veranschaulicht.

Fig. 3 zeigt eine Draufsicht, die den Aufbau eines Wafers eines Testobjekts schematisch veranschaulicht.

Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht, die den Aufbau eines Objektisches schematisch veranschaulicht.

Fig. 5 zeigt eine Draufsicht, die den Aufbau eines Lichtbestrahlungsmechanismus schematisch veranschaulicht.

Fig. 6 zeigt eine Ansicht, die den Aufbau einer Schaltung zur Messung der Temperatur eines Wafers bei der in **Fig. 1** dargestellten Testvorrichtung schematisch veranschaulicht.

Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Basiseinheit schematisch veranschaulicht.

Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht, die den Aufbau eines oberen Teils eines Objektisches einer Testvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung schematisch veranschaulicht.

Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Basiseinheit gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung schematisch veranschaulicht.

Fig. 10 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau einer Basiseinheit gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung schematisch veranschaulicht.

Fig. 11A und **11B** zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Vergleichsbeispiel 1) für die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

Fig. 12A und **12B** zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Vergleichsbeispiel 2) für die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

Fig. 13A und 13B zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Testbeispiel 1) für die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

Fig. 14A und 14B zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Testbeispiel 2) für die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

Fig. 15A und 15B zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Testbeispiel 3) für Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

Fig. 16A und 16B zeigen Darstellungen zur Veranschaulichung eines Simulationsergebnisses (Testbeispiel 4) für die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements, wenn das elektronische Bauelement Wärme verzögerungsfrei erzeugt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0014] Nachfolgend werden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. In der Beschreibung und in den Figuren wurden Elemente mit im Wesentlichen gleicher funktionaler Konfiguration mit den gleichen Bezugszeichen versehen, wobei in den Erläuterungen Wiederholungen unterlassen werden.

(Erste Ausführungsform)

[0015] Die **Fig. 1** und **2** zeigen eine perspektivische Ansicht bzw. eine Vorderansicht, die jeweils den Aufbau eines als Testvorrichtung fungierenden Probers 1 gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung veranschaulichen. **Fig. 2** zeigt einen Teil des Probers 1 von **Fig. 1** in einer Schnittansicht, um die in einer Aufnahmekammer und einer Ladestation des Probers 1 von **Fig. 1**, die später beschrieben werden, untergebrachten Komponenten darzustellen.

[0016] Der in den **Fig. 1** und **2** dargestellte Prober 1 prüft die elektrischen Eigenschaften von jedem der mehreren elektronischen Bauelemente (siehe Symbol D in der später beschriebenen **Fig. 3**), die an einem als Testobjekt fungierenden Wafer W ausgebildet sind. Der Prober 1 weist eine Aufnahmekammer 2 auf, die zum Aufnehmen eines Wafer während einer Prüfung ausgebildet ist, eine neben der Aufnahmekammer 2 angeordnete Ladestation 3 und einen Tester 4, der so angeordnet ist, dass er die Aufnahmekammer abdeckt.

[0017] Die Aufnahmekammer 2 ist ein hohles Gehäuse mit einem Objektisch 10, an dem ein zu prüfender Wafer W befestigt wird. Der Wafer W wird an dem Objektisch 10 durch Ansaugen so gehalten, dass sich die Position des Wafers W gegenüber dem Objektisch 10 nicht verschiebt. Der Objektisch 10 ist so ausgebildet, dass er in horizontaler und vertikaler Richtung verfahren werden kann. Mit diesem Aufbau können die Elektroden durch Einstellen der relativen Position zwischen einer später zu beschreibenden Proberplatine 11 und dem Wafer W an der Oberfläche des Wafers W mit den Prüfspitzen 11a der Proberplatine 11 in Kontakt gebracht werden.

[0018] Die Proberplatine 11 ist in der Aufnahmekammer 2 so oberhalb des Objektisches 10 angeordnet, dass sie dem Objektisch 10 zugewandt ist. Die Prüfspitzen 11a stellen ein Beispiel für Anschlusskontakte gemäß der Ausführungsform dar. Die Proberplatine 11 ist über eine Schnittstelle 12 mit dem Tester 4 verbunden. Wenn jede der Prüfspitzen 11a mit einer Elektrode eines jeweiligen elektronischen Bauelements am Wafer W in Kontakt kommt, versorgt jede Prüfspitze 11a über die Schnittstelle 12 das elektronische Bauelement mit Strom vom Tester 4 oder überträgt ein Signal vom elektronischen Bauelement über die Schnittstelle 12 an den Tester 4.

[0019] Die Ladestation 3 entnimmt einer (nicht abgebildeten) FOUP (vorderseitig offenen Kassette), bei der es sich um ein Transportbehältnis handelt, den darin untergebrachten Wafer W und transportiert den Wafer W zu dem sich in der Aufnahmekammer 2 befindenden Objektisch 10. Ferner erhält die Ladestation 3 den Wafer W nach Abschluss der Prüfung der elektrischen Eigenschaften der elektronischen Bauelemente D des Wafers vom Objektisch 10 und bringt den Wafer W in der FOUP unter.

[0020] Darüber hinaus weist die Ladestation 3 eine als Steuerung fungierende Basiseinheit 13, die zur Ausführung verschiedener Steuerungen wie beispielsweise einer Regelung der Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements ausgebildet ist, und eine Potenzialdifferenzmeseinheit 14 auf, die zum Messen einer Potenzialdifferenz in einer (nicht abgebildeten) Potenzialdifferenzzeugungsschaltung eines jeweiligen elektronischen Bauelements ausgebildet ist. Die Potenzialdifferenzzeugungsschaltung wird z. B. von einer Diode, einem Transistor oder einem Widerstand gebildet. Die Potenzialdifferenzmeseinheit 14 ist über eine Verbindungsleitung 15 mit der Schnittstelle 12 verbunden, um eine Potenzialdifferenz zwischen zwei Prüfspitzen 11a zu erfassen, die die beiden Elektroden der Potenzialdifferenzzeugungsschaltung kontaktieren, und um die erfasste Potenzialdifferenz an die Basiseinheit 13 zu übertragen. Die Struktur der Verbindung einer jeden Prüfspitze 11a mit der

Verbindungsleitung 15 in der Schnittstelle 12 wird später beschrieben. Die Basiseinheit 13 ist über eine Verbindungsleitung 16 mit dem Objektisch 10 verbunden und steuert einen Lichtbestrahlungsmechanismus 40, der später beschrieben wird, sowie ein Durchflussregelventil, das zum Einstellen des Volumenstroms eines Kühlmittels ausgebildet ist, das zu einem Aufspanntisch 30 fließt, der später beschrieben wird. Die Basiseinheit 13 und die Potentialdifferenzmesseinheit 14 können zudem in der Aufnahmekammer 2 installiert sein, wobei die Potentialdifferenzmesseinheit 14 auf der Proberplatine 11 installiert sein kann.

[0021] Der Tester 4 verfügt über eine (nicht abgebildete) Testplatine zum Emulieren eines Teils der Schaltungskonfiguration einer Hauptplatine, auf der das elektronische Bauelement montiert ist. Die Testplatine ist mit einem Tester-Computer 17 verbunden, der auf der Grundlage eines Signals von dem elektronischen Bauelement bestimmt, ob das elektronische Bauelement defektfrei oder defekt ist. Durch Ersetzen der Testplatine im Tester 4 ist es möglich, die Schaltungskonfiguration mehrerer Typen von Hauptplatinen zu emulieren.

[0022] Der Prober 1 weist ferner eine Benutzerschnittstelle 18 auf, die ausgebildet ist, einem Benutzer Informationen anzuzeigen und dem Benutzer die Eingabe eines Befehls zu ermöglichen. Die Benutzerschnittstelle 18 umfasst z. B. einen Eingabeteil wie beispielsweise ein Touchpanel oder eine Tastatur und einen Anzeigeteil wie beispielsweise eine Flüssigkristallanzeige.

[0023] Bei einem Prober 1 mit den oben beschriebenen Komponenten überträgt der Tester-Computer 17 bei der Prüfung der elektrischen Eigenschaften eines elektronischen Bauelements über die jeweiligen Prüfspitzen 11a Daten an eine mit dem elektronischen Bauelement verbundene Prüfplatine. Dann bestimmt der Tester-Computer 17 anhand eines elektrischen Signals von der Testplatine, ob die übertragenen Daten von der Testplatine korrekt verarbeitet wurden.

[0024] Als Nächstes wird der Wafer W, der als Testobjekt des oben beschriebenen Probers 1 fungiert, unter Bezugnahme auf **Fig. 3** beschrieben. **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus des Wafers W in einer Draufsicht. Wie in **Fig. 3** dargestellt wurden auf der Oberfläche des Wafers W mehrere elektronische Bauelemente D mit einem vorgegebenen Abstand dazwischen mit Hilfe eines auf einem im Wesentlichen scheibenförmigen Siliziumsubstrat ausgeführten Ätzprozesses oder Verdrahtungsprozesses ausgebildet. Auf den elektronischen Bauelementen D, d. h. auf der Oberfläche des Wafers W, sind Elektroden E ausgebildet, wobei die Elektroden E mit Schaltungselementen innerhalb der

elektronischen Bauelemente D elektrisch verbunden sind. Durch Anlegen einer Spannung an die Elektroden E ist es möglich, einen Stromfluss zu einem Schaltungselement innerhalb eines jeweiligen elektronischen Bauelements D zu bewirken.

[0025] Als Nächstes wird die Konfiguration des Objektisches 10 unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** und **5** beschrieben. **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus eines oberen Teils des Objektisches 10 in einer Querschnittsansicht. **Fig. 5** zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus eines später zu beschreibenden Lichtbestrahlungsmechanismus 40 in einer Draufsicht. Wie in **Fig. 4** dargestellt, umfasst der Objektisch 10 im oberen Teil den Aufspanntisch 30 und den Lichtbestrahlungsmechanismus 40, die in Richtung von oben in dieser Reihenfolge angeordnet sind. Der Aufspanntisch 30 ist zum Anbringen eines Wafers W an seiner Oberseite ausgebildet. Der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 strahlt Licht auf ein auf dem Aufspanntisch 30 angebrachtes Deckelement 31, um das Deckelement 31 zu erwärmen und hierüber den Wafer W zum Erwärmen der auf dem Wafer W ausgebildeten elektronischen Bauelemente D zu erwärmen.

[0026] Der Aufspanntisch 30 besitzt an der Seite zur Anordnung des Wafers W, d. h. der Oberseite, ein Deckelement 31 und an der Seite, die der Seite zur Anordnung des Wafers W gegenüberliegt, d. h. der Unterseite, ein Bodenelement 32. Das Deckelement 31 und das Bodenelement 32 kontaktieren sich über einen O-Ring 33.

[0027] Das Deckelement 31 ist scheibenförmig ausgebildet und besteht z. B. aus SiC. SiC besitzt eine hohe Wärmeleitfähigkeit und einen hohen Elastizitätsmodul sowie eine hohe Absorptionseffizienz für das Licht des Lichtbestrahlungsmechanismus 40. Ein Ausbilden des Deckelements 31 unter Verwendung von SiC ermöglicht es daher, den auf dem Deckelement 31 angebrachten Wafers W durch Erwärmen/Kühlen des Deckelements 31 effizient zu erwärmen/kühlen. Ferner kann die Erzeugung von Rissen oder Ähnlichem im Deckelement 31 verhindert und das Deckelement 31, d. h. der Wafer W, über das Licht vom Lichtbestrahlungsmechanismus 40 effizient erwärmt werden. Da für das SiC ein Green-Sheet-Verfahren oder Ähnliches verwendet werden kann, kann das SiC eine gute Verarbeitbarkeit aufweisen, wodurch die Herstellungskosten des Probers 1 gesenkt werden können.

[0028] In der Oberseite des Deckelements 31 ist ein (nicht abgebildetes) Saugloch zum Ansaugen des Wafers W ausgebildet. In das Deckelement 31 sind mehrere Temperatursensoren 31a an Positionen eingebettet, die in der Draufsicht zueinander beabstandet sind.

[0029] Das Bodenelement 32 ist scheibenförmig mit im Wesentlichen dem gleichen Durchmesser wie das Deckelement 31 ausgebildet und besteht aus einem lichtdurchlässigen Bauteil, das Licht des Lichtbestrahlungsmechanismus 40 überträgt. Wenn es sich bei dem Licht des Lichtbestrahlungsmechanismus 40 um Licht im nahen Infrarotbereich handelt, können für das lichtdurchlässige Bauteil Polycarbonat, Quarz, Polyvinylchlorid, Acrylharz oder Glas verwendet werden. Da sich diese Materialien ferner leicht bearbeiten und gießen lassen, können die Herstellungskosten für den Prober 1 gesenkt werden.

[0030] Außerdem ist auf der Oberseite des Bodenelements 32 eine Nut ausgebildet, die einen Kühlmittelfluss in den Aufspanntisch 30 ermöglicht, wobei die Nut von dem Deckelement 31 zur Bildung eines Kühlmittelkanals 32a abgedeckt wird. Mit anderen Worten weist der Aufspanntisch 30 den durch das Deckelement 31 und das Bodenelement 32 gebildeten Kühlmittelkanal 32a auf. Im Prober 1 werden die an dem Wafer W ausgebildeten elektronischen Bauelemente durch Kühlung des auf dem Aufspanntisch 30 angebrachten Wafers W unter Verwendung des durch den Kühlmittelkanal 32a fließenden Kühlmittels gekühlt, d. h. die Wärme der elektronischen Bauelemente wird absorbiert.

[0031] In einem Seitenabschnitt des Bodenelements 32 sind ein Zufuhranschluss 32b und ein Ablaufanschluss 32c, die mit dem Kühlmittelkanal 32a in Verbindung stehen, ausgebildet. Der Zufuhranschluss 32b ist mit einem Zufuhrrohr 34 verbunden, über das dem Kühlmittelkanal 32a das Kühlmittel zugeführt wird, und der Ablaufanschluss 32c ist mit einem Ablaufrohr 35 verbunden, über das das Kühlmittel aus dem Kühlmittelkanal 32a abgeführt wird. Das Zufuhrrohr 34 ist mit einem Durchflussregelventil 36 versehen, das zur Steuerung des Volumenstroms des dem Kühlmittelkanal 32a zugeführten Kühlmittels ausgebildet ist. Als Durchflussregelventil 36 kann ein Ventil zur Steuerung des Volumenstroms des Kühlmittels in einem Wärmetauscher verwendet werden, das den Volumenstrom mit hoher Geschwindigkeit ändern kann, oder etwas Ähnliches. Als Durchflussregelventil 36 kann auch ein Dreiwegeventil eingesetzt werden, um einen Bypasskanal zu schaffen, der den Kühlmittelkanal 32a umgeht. Wenn es sich bei den Ventilen des Kühlmittelkanals 32a und des Bypasskanals um Ventile mit variierbarem Leitwert handelt, kann eine Regelung ohne Änderung des Gesamtleitwerts vorgenommen werden, indem, unter der Annahme, dass der Leitwert des Kühlmittelkanals 32a C_v und der Leitwert des Bypasskanals C_{vb} ist, $C_v + C_{vb}$ konstant gehalten wird.

[0032] Als durch den Kühlmittelkanal 32a fließendes Kühlmittel wird z. B. Wasser verwendet, das eine Flüssigkeit ist, durch die Licht hindurchtreten kann,

wobei das Kühlmittel dem Kühlmittelkanal 32a über das Zufuhrrohr 34 mittels einer (nicht dargestellten) Pumpe zugeführt wird, die außerhalb des Probers 1 angeordnet ist. Der Betrieb des Durchflussregelventils 36 und dergleichen zur Einstellung des Kühlmittelvolumenstroms wird von der Basiseinheit 13 gesteuert.

[0033] Der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 ist so angeordnet, dass er einer Oberfläche des Aufspanntisches 30 an einer der Seite für das Anbringen des Wafers W gegenüberliegenden Seite zugewandt ist, mit anderen Worten, dass er einer Bodenfläche des Bodenelements 32 zugewandt ist.

[0034] Der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 umfasst mehrere in Richtung des Wafers W gerichtete LEDs 41. Konkret weist der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 mehrere LED-Einheiten U, in denen mehrere LEDs 41 zu einer Baugruppe zusammengefasst sind, sowie eine Grundplatte 42 auf, auf der die LED-Einheiten U angebracht sind. Wie in **Fig. 5** dargestellt ist die gesamte Oberfläche der Grundplatte 42 beispielsweise im Wesentlichen mit den aus den Einheiten U1 und U2 bestehenden LED-Einheiten U des Lichtbestrahlungsmechanismus 40 bedeckt. Die Einheiten U1, von denen jede in der Draufsicht eine quadratische Form besitzt, sind in der gleichen Weise wie die auf dem Wafer W ausgebildeten elektronischen Bauelemente D angeordnet, wobei ihre Anzahl derjenigen der elektronischen Bauelemente D entspricht (siehe **Fig. 3**). Die Einheiten U2, von denen jede in der Draufsicht eine nicht-quadratische Form besitzt, sind so angeordnet, dass sie den Randbereich der Grundplatte 42 bedecken. Dadurch lässt sich das Deckelement 31, zumindest jedoch der gesamte Bereich, an dem der Wafer W angebracht ist, mit dem Licht von den LEDs 41 der LED-Einheiten U bestrahlen.

[0035] Jede der LEDs 41 bestrahlt den Wafer W mit Licht. Im vorliegenden Beispiel strahlt jede LED 41 Licht im nahen Infrarotbereich aus. Das von den LEDs 41 ausgestrahlte Licht (im Folgenden möglicherweise als „LED-Licht“ abgekürzt) durchstrahlt das aus einem lichtdurchlässigen Bauteil bestehende Bodenelement 32 des Aufspanntisches 30. Das durch das Bodenelement 32 hindurchgetretene Licht durchdringt ein lichtdurchlässiges Kühlmittel, das durch den Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 fließt und trifft auf das Deckelement 31 auf. Im Lichtbestrahlungsmechanismus 40 wird das Licht, das auf das Deckelement 31 auftrifft, auf dem der Wafer W am Aufspanntisch 30 angebracht ist, in LED-Einheiten U entsprechenden Einheiten gesteuert. Dadurch kann der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 eine beliebige Position des Deckelements 31 mit LED-Licht bestrahlen aber auch die Intensität des einstrahlenden Lichts zwischen einer

beliebigen Position und einer anderen Position variieren.

[0036] Im Prober 1 wird die Temperatur eines zu prüfenden elektronischen Bauelements D, das auf dem sich auf dem Aufspanntisch 30 befindenden Wafer W ausgebildet ist, durch Erwärmung mit Licht vom Lichtbestrahlungsmechanismus 40 und Wärmeabsorption unter Verwendung des durch den Kühlmittelkanal 32a fließenden Kühlmittels so gesteuert, dass sie auf einer Solltemperatur konstant gehalten wird. Zur Temperaturregelung misst der Prober 1 die Temperatur des Wafers W.

[0037] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung des Aufbaus einer Schaltung zum Messen der Temperatur eines sich im Prober 1 befindenden elektronischen Bauelements D. Wie in Fig. 6 dargestellt verbinden bei dem Prober 1 mehrere an der Schnittstelle 12 angeordnete Verbindungsleitungen 20 jede der Prüfspitzen 11a mit dem Tester 4. Zu den Verbindungsleitungen 20 gehören zwei Verbindungsleitungen 20 in denen jeweils ein Relais 21 installiert ist und die den Tester 4 mit zwei Prüfspitzen 11a verbinden, die sich mit zwei Elektroden E einer Potentialdifferenzzeugungsschaltung (z. B. einer Diode) des elektronischen Bauelements D in Kontakt befinden.

[0038] Jedes Relais 21 ist umschaltbar ausgebildet, sodass es das Potenzial einer jeweiligen Elektrode E wahlweise an den Tester 4 oder die Potentialdifferenzmesseinheit 14 überträgt. Beispielsweise überträgt jedes Relais 21 bei der Prüfung der elektrischen Eigenschaften des elektronischen Bauelements D zu einem vorgegebenen Zeitpunkt nach Anlegen der Implementierungsspannung an jede der Elektroden E das Potential der jeweiligen Elektrode E an die Potentialdifferenzmesseinheit 14. Dass sich die Potentialdifferenz, die in der Potentialdifferenzzeugungsschaltung erzeugt wird, wenn ein vorgegebener Strom durch diese fließt, mit der Temperatur ändert, ist hierbei bekannt. Somit kann die Temperatur des elektronischen Bauelements D während der Prüfung auf Basis der Potentialdifferenz der Potentialdifferenzzeugungsschaltung des elektronischen Bauelements D, d. h. der Potentialdifferenz zwischen zwei Elektrodenkontaktflächen E (Prüfspitzen 11a) der Potentialdifferenzzeugungsschaltung, in Echtzeit gemessen werden. Im Prober 1 bezieht die Potentialdifferenzmesseinheit 14 die Potentialdifferenz der Potentialdifferenzzeugungsschaltung des elektronischen Bauelements D auf Basis des von dem jeweiligen Relais 21 übertragenen Potentials der jeweiligen Elektrode E und überträgt die bezogene Potentialdifferenz der Potentialdifferenzzeugungsschaltung dann an die Basiseinheit 13. Die Basiseinheit 13 misst die Temperatur des elektronischen Bauelements D auf Basis der übertragenen

Potentialdifferenz sowie der Temperaturcharakteristik der Potentialdifferenzzeugungsschaltung.

[0039] Das Verfahren zur Messung der Temperatur des elektronischen Bauelements D ist nicht auf das oben angegebene beschränkt, wobei jedes andere Verfahren verwendet werden kann, sofern es die Temperatur des elektronischen Bauelements D messen kann.

[0040] Als Nächstes wird ein die Temperaturregelung des elektronischen Bauelements D der Basiseinheit 13 betreffender Aufbau unter Bezugnahme auf Fig. 7 beschrieben. Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild, in dem der Aufbau einer Basiseinheit schematisch skizziert dargestellt ist. Die Basiseinheit 13 wird z. B. mit einem Computer konfiguriert und verfügt über einen Programmspeicherteil (nicht dargestellt). Der Programmspeicherteil speichert ein Programm zur Steuerung verschiedener Prozesse, wie z. B. eines Prozesses zur Regelung der Temperatur des elektronischen Bauelements D im Prober 1.

[0041] Das Programm kann auf einem computerlesbaren Speichermedium, wie beispielsweise einer computerlesbaren Festplatte (HD), einer Diskette (FD), einer Compact-Disc (CD), einer magneto-optischen Diskette (MO) oder einer Speicherkarte gespeichert und von dem Speichermedium in die Basiseinheit 13 installiert werden.

[0042] Die Basiseinheit 13 weist einen Speicherteil 13a, einen Bauelementtemperaturinformationsbezugsteil 13b, einen Bauelementtemperaturberechnungsteil 13c, einen LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d, einen Ventilbetriebswertbestimmungsteil 13e, einen LED-Steuerungsteil 13f, einen Ventilsteuerungsteil 13g und einen Aufspanntischtemperaturbezugsteil 13h auf.

[0043] Im Speicherteil 13a werden die Solltemperatur des elektronischen Bauelements D, der Sollwert des Betriebswerts der LED 41 des Lichtbestrahlungsmechanismus 40, die Temperatur des Kühlmittels und dergleichen gespeichert. Der Sollwert des Betriebswerts der LED 41 und die Temperatur des Kühlmittels werden vorab auf Basis der Solltemperatur des elektronischen Bauelements D, der maximalen Ausgangsleistung der LED 41 und dergleichen bestimmt. Im Speicherteil 13a werden auch Informationen über die Temperaturcharakteristika der Potentialdifferenz der Potentialdifferenzzeugungsschaltung des elektronischen Bauelements D gespeichert.

[0044] Der Bauelementtemperaturinformationsbezugsteil 13b bezieht von der Potentialdifferenzmesseinheit 14 als Information über die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D Informationen über die Potentialdifferenz der oben beschriebenen Potentialdifferenzzeugungsschaltung des

elektronischen Bauelements D. Die Bauelementtemperaturberechnungseinheit 13c berechnet die zu erfassende Temperatur des elektronischen Bauelements D auf Basis der Potentialdifferenz der Potentialdifferenzerzeugungsschaltung des zu prüfenden elektronischen Bauelements und der Temperaturcharakteristika der Potentialdifferenz der Potentialdifferenzerzeugungsschaltung, wobei die Potentialdifferenz der Potentialdifferenzerzeugungsschaltung und die Temperaturcharakteristika der Potentialdifferenz der Potentialdifferenzerzeugungsschaltung aus den von dem Bauelementtemperaturinformationsbezugsteil 13b bezogenen Informationen erhalten werden.

[0045] Der LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d dient der Durchführung einer Rückkopplungssteuerung (z. B. einer PID-Regelung), um die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D auf der Solltemperatur konstant zu halten, und bestimmt den Betriebswert der LED 41. Konkret berechnet der LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d z. B. eine Abweichung der durch den Bauelementtemperaturberechnungsteil 13c berechneten Temperatur des elektronischen Bauelements D von der im Speicherteil 13a gespeicherten Solltemperatur des elektronischen Bauelements D und berechnet/bestimmt den Betriebswert der LED 41, die dem zu prüfenden elektronischen Bauelement D zugeordnet ist, anhand des PID-Betriebs auf Basis der Abweichung.

[0046] Der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 13e dient der Durchführung einer Rückkopplungssteuerung (z. B. einer PID-Regelung), um den von dem LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d ermittelten Betriebswert der LED 41 auf einem Sollwert konstant zu halten, und bestimmt den Betriebswert des Durchflussregelventils 36 zur Regelung des Volumenstroms des Kühlmittels, das durch den Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 fließt. Konkret berechnet der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 13e z. B. eine Abweichung zwischen dem von dem LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d berechneten Betriebswert der LED 41 und einem in dem Speicherteil 13a gespeicherten Sollwert für den Betriebswert der LED 41 und berechnet/bestimmt den Betriebswert des Durchflussregelventils 36 anhand des PID-Betriebs auf Basis der Abweichung. Die für die Berechnung des Betriebswerts des Durchflussregelventils 36 erforderliche Information über die Temperatur des Kühlmittels wird im Speicherteil 13a gespeichert.

[0047] Der LED-Steuerungsteil 13f stellt die Lichtausgangsleistung der LED 41 auf Basis des von dem LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d berechneten Betriebswerts ein. Hierdurch wird die Erwärmung des zu prüfenden elektronischen Bauelements D oder dergleichen durch das Licht der LED 41 gesteuert. Der Ventilsteuerungsteil 13g stellt auf

Basis des von dem Ventilbetriebswertbestimmungsteil 13e berechneten Betriebswerts den Öffnungsgrad des Durchflussregelventils 36 und den Volumenstrom des Kühlmittels ein, das durch den sich im Aufspanntisch 30 befindenden Kühlmittelkanal 32a fließt. Hierdurch wird die Absorption von Wärme aus dem zu prüfenden elektronischen Bauelement D oder dergleichen durch das Kühlmittel gesteuert.

[0048] Bei der oben beschriebenen Konfiguration steuert die Basiseinheit 13 die Erwärmung mit Hilfe der Lichtausgangsleistung der dem elektronischen Bauelement D zugeordneten LED 41 auf Basis der Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D und steuert auch die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel im Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 auf Basis der Lichtausgangsleistung der LED 41, um die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D zu steuern. Mit anderen Worten führt die Basiseinheit 13 bei der oben beschriebenen Konfiguration eine Kaskadenregelung durch, bei der der sich auf die Lichtausgangsleistung der schnell reagierenden LED 41 beziehende Betriebswert eine Führungsregelungsseite darstellt und der sich auf den langsam reagierenden Volumenstrom des Kühlmittels beziehende Betriebswert, die Folgeregelungsseite darstellt. Bei dem auf der Temperaturregelung der Basiseinheit 13 basierenden Regelverfahren handelt es sich um eine Sliding-Mode-Regelung, bei der sowohl ein lineares Element als auch ein nichtlineares Element eingesetzt wird. Als lineares Element werden die Lichtausgangsleistung der LED 41 und als nichtlineares Element der Volumenstrom des Kühlmittels verwendet. Bei der Sliding-Mode-Regelung wird ein Steuerungsbetriebswert üblicherweise in einen linearen Steuerungsbetriebswert und einen nichtlinearen Steuerungsbetriebswert aufgeteilt. Der lineare Steuerungsbetriebswert minimiert die Regelabweichung des Zustands eines Regelsystems auf einer Schalt-Hyperebene (switching hyperplane), während der nichtlineare Steuerungsbetriebswert den Zustand des Regelsystems zur Schalt-Hyperebene richtet, wenn ein Modellierungsfehler oder eine mögliche Störung vorliegen.

[0049] Der Aufspanntischtemperaturbezugsteil 13h der Basiseinheit 13 bezieht vom Temperatursensor 31a Informationen über die Temperatur des Aufspanntisches 30, insbesondere Informationen über die Temperatur des Deckelelements 31.

[0050] Als Nächstes wird ein Beispiel für eine Prozedur zur Prüfung eines Wafers W unter Verwendung des Probers 1 beschrieben. Zunächst wird der Wafer W aus einer FOUP der Ladestation 3 herausgenommen, zum Objektisch 10 transportiert und auf diesem angebracht. Anschließend wird der Objektisch 10 in eine vorgegebene Position gebracht.

[0051] Daraufhin werden alle LEDs 41 des Lichtbestrahlungsmechanismus 40 eingeschaltet, und die Lichtausgangsleistung der LEDs 41 und der Volumenstrom des in dem Aufspanntisch 30 fließenden Kühlmittels auf Basis der vom Temperatursensor 31a des Deckelelements 31 erfassten Informationen so eingestellt, dass die Temperatur des Deckelelements 31 über der Fläche gleichmäßig ist.

[0052] In diesem Zustand erfasst die Potentialdifferenzmesseinheit 14 die Potentialdifferenz an der oben beschriebenen Potentialdifferenz erzeugungsschaltung des zu prüfenden elektronischen Bauelements D. Danach wird die flächenmäßig gleichförmig gemachte Temperatur des Deckelelements 31 im Wesentlichen an die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D so angeglichen, dass die Potentialdifferenz kalibriert wird. Mit anderen Worten werden die Informationen über die Temperaturcharakteristika der Potentialdifferenz korrigiert.

[0053] Im Anschluss daran wird der Objektisch 10 so bewegt, dass die Elektroden E des zu prüfenden elektronischen Bauelements D des am Objektisch 10 angebrachten Wafers W mit den Prüfspitzen 11a in Kontakt gebracht werden. Danach wird in die Prüfspitzen 11a ein Prüfsignal eingegeben. Hierdurch wird die Prüfung des elektronischen Bauelementes D gestartet. Während der Prüfung wird die Lichtausgangsleistung der LEDs 41 der dem Bauelement zugeordneten LED-Einheit U, d. h. die an die LEDs 41 angelegte Spannung, auf Basis der Informationen über die in der Potentialdifferenz erzeugungsschaltung des zu prüfenden elektronischen Bauelements D erzeugte Potentialdifferenz so gesteuert, dass die Temperatur des elektronischen Bauelements D die Prüftemperatur/Solltemperatur annimmt, wobei der Volumenstrom des Kühlmittels in dem Aufspanntisch 30, d. h. der Öffnungsgrad des Durchflussregelventils 36, so gesteuert wird, dass die Ausgangsleistung der LEDs 41 einen Sollwert annimmt.

[0054] Anschließend werden die auf die Kalibrierung der Potentialdifferenz der Potentialdifferenz erzeugungsschaltung des elektronischen Bauelements D folgenden Schritte so oft wiederholt, bis die Prüfung von allen elektronischen Bauelementen D abgeschlossen ist.

[0055] Nachfolgend werden die Wirkungen der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. Bei der vorliegenden Ausführungsform lässt sich der Volumenstrom des Kühlmittels im Aufspanntisch 30 mit Hilfe des Durchflussregelventils 36 regeln. Außerdem kann das Kühlmittel, das im Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 strömt, Licht übertragen, da der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 dem Bodenelement 32, das sich am Aufspanntisch 30 an der Seite gegenüber der Seite zum Anbringen des

Wafers W befindet, zugewandt angeordnet und das Bodenelement 32 als lichtdurchlässiges Bauteil ausgebildet ist. Daher kann das LED-Licht einer jeden LED 41 das Deckelelement 31 des Aufspanntisches 30 durch das Kühlmittel und dergleichen hindurch erreichen. Außerdem kann der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 das Deckelelement 31 mit dem LED-Licht einer jeweiligen LED-Einheit U lokal bestrahlen. Wie oben beschrieben kann, wenn der Volumenstrom des Kühlmittels mit Hilfe des Durchflussregelventils 36 geregelt werden kann, die Temperatur des elektronischen Bauelements D unabhängig von der Art der Regelung des LED-Lichts allein über die Regelung der Volumenstroms des Kühlmittels geregelt werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird die Temperatur des elektronischen Bauelements D jedoch auch über die Steuerung des LED-Lichts geregelt. Konkret wird das Deckelelement 31 während der Kühlung des gesamten Deckelelements 31 durch das sich im Aufspanntisch 30 befindende Kühlmittel lokal mit LED-Licht bestrahlt, damit nur das sich in der Prüfung befindende elektronische Bauelement D erwärmt wird. Das bedeutet, dass lediglich die Temperatur des sich in der Prüfung befindenden elektronischen Bauelements D geregelt wird, während die anderen elektronischen Bauelemente D des Wafers W gekühlt werden. Daher kann einem Übergreifen einer von dem sich in der Prüfung befindenden elektronischen Bauelement D ausgehenden thermische Belastung auf andere elektronische Bauelemente D entgegengewirkt werden. Folglich kann an das gewünschte elektronische Bauelement D eine Implementierungsspannung angelegt werden, sodass ein Problem, das beim Anlegen der Implementierungsspannung auftritt, vor dem Einbau in ein Gehäuse aufgefunden werden kann. Hierdurch kann einer Verringerung der Ausbeute der eingehäuseten Bauelemente und einer Zunahme der Kosten entgegengewirkt werden. Außerdem kann der Lichtbestrahlungsmechanismus 40 die Intensität des von einer jeweiligen LED-Einheit U auf das Deckelelement 31 gestrahlten Lichts lokal ändern. Dies ermöglicht eine lokale Änderung des LED-Lichtbestrahlungszustands des Deckelelements 31 während einer Kühlung des gesamten Deckelelements 31 mit Hilfe des Kühlmittels im Aufspanntisch 30. Dadurch kann erreicht werden, dass das sich in der Prüfung befindende elektronische Bauelement D einen anderen Erwärmungszustand aufweist als die übrigen elektronischen Bauelemente. Mit anderen Worten kann das zu prüfende elektronische Bauelement D geprüft werden, während die Temperatur von sowohl des zu prüfenden elektronischen Bauelements D als auch der anderen elektronischen Bauelemente D des Wafers W geregelt wird. Bei der Chargen-Kontaktprüfung, die bei einem D-RAM oder dergleichen eingesetzt wird, wird zur Anpassung der Verteilung die gesamte Oberfläche des Lichtbestrahlungsmechanismus 40 eingeschaltet. Da die Heizleistung des Wafers in die-

sem Modus gering ist, kann die Heizleistung ausschließlich über die Bestrahlungsenergie der LEDs eingestellt werden.

[0056] Bei der vorliegenden Ausführungsform erfolgt die Steuerung der Absorption von Wärme aus dem elektronischen Bauelement mit Hilfe des Kühlmittels durch eine schnell reagierende Anpassung des Volumenstroms des Kühlmittels, anstatt durch eine langsam reagierende Anpassung der Temperatur des Kühlmittels. Sodann steuert die Basiseinheit 13 zur Regelung der Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D wie oben beschrieben die Erwärmung über die Lichtausgangsleistung der dem elektronischen Bauelement D zugeordneten LEDs 41 auf Basis der Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D und auch die Wärmeabsorption durch das sich im Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 befindende Kühlmittel auf Basis der Lichtausgangsleistung der LEDs 41. Wenn anders als bei der vorliegenden Ausführungsform lediglich die Erwärmung durch die von den LEDs abgegebene Lichtleistung gesteuert wird, um die Absorption von Wärme aus dem elektronischen Bauelement durch das Kühlmittel konstant zu halten, müssen LEDs mit einer hohen maximalen Ausgangsleistung verwendet oder die Dichte der LEDs erhöht werden, um einen Temperaturanstieg des elektronischen Bauelements zu verringern, wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements sehr groß wird. LEDs 41 mit einer großen maximalen Ausgangsleistung sind jedoch teuer und eine höhere Dichte der LEDs 41 führt zu steigenden Kosten. Außerdem müssen, wenn LEDs 41 mit großer maximaler Ausgangsleistung verwendet oder die Dichte der LEDs 41 erhöht werden, die LEDs 41 selbst gekühlt werden. Dagegen müssen bei der vorliegenden Ausführungsform, da die Steuerung wie oben beschrieben erfolgt, weder LEDs 41 mit großer maximaler Ausgangsleistung verwendet noch die Anzahl der LEDs 41 erhöht werden. Folglich kann eine Zunahme der Kosten verhindert werden, wobei sich ein Kühlen der LEDs erübrigt. Ferner kann die Zuverlässigkeit des Probers 1 aufrechterhalten werden, da die Ausfallrate von LEDs 41 gering ist, wenn sie nicht gekühlt werden.

[0057] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird als wärmeabsorbierendes Kühlmittel Wasser verwendet. Daher kann die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel mit einer höheren Geschwindigkeit erfolgen, als dies bei der Verwendung eines Kühlmittels auf FCKW-Basis der Fall ist. Da bei der vorliegenden Ausführung als wärmeabsorbierendes Kühlmittel Wasser und für das Deckelelement 31 des Aufspanntisches 30 SiC verwendet werden, ist das Temperaturansprechverhalten hoch. Außerdem kann die Prüfung eines elektronischen Bauelements D bei der vorliegenden Ausführungsform waferweise erfolgen und ein Herausschneiden des elektronischen

ischen Bauelements D in Form eines Chips ist nicht erforderlich.

(Zweite Ausführungsform)

[0058] Die Darstellungen der Fig. 8 und 9 dienen zur Erläuterung einer als Prober ausgebildeten Testvorrichtung für ein elektronisches Bauelement gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung. Fig. 8 zeigt eine Querschnittsansicht, die den Aufbau eines oberen Teils eines Objektisches des Probers veranschaulicht. Fig. 9 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau der Basiseinheit des Probers schematisch skizziert veranschaulicht.

[0059] Bei einem wie in Fig. 4 dargestellten Prober gemäß der ersten Ausführungsform erfolgt die Steuerung der Absorption von Wärme aus dem elektronischen Bauelement durch das Kühlmittel mit Hilfe des Durchflussregelventils 36, das zur Steuerung des Volumenstroms des Kühlmittels ausgebildet ist. Dagegen erfolgt bei einem wie in Fig. 8 dargestellten Prober gemäß der zweiten Ausführungsform die Steuerung der Absorption von Wärme aus dem elektronischen Bauelement durch das Kühlmittel mit Hilfe eines Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50, das zum Umschalten zwischen Ausführung und Unterbrechung der Kühlmittelzufuhr ausgebildet ist. In der nachfolgenden Beschreibung können bei dem Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 der Zustand, bei dem die Kühlmittelzufuhr erfolgt, als „EIN-Zustand“ und der Zustand, bei dem die Kühlmittelzufuhr unterbrochen ist, als „AUS-Zustand“ bezeichnet sein.

[0060] Als Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 können ein Gasventil oder dergleichen verwendet werden, das in einem Atomlagenabscheidungs (ALD) - Schichtbildungsgerät eingesetzt wird und mit hoher Geschwindigkeit zwischen Ausführung und Unterbrechung der Zufuhr eines Kühlmittels umzuschalten kann. Außerdem besteht das Kühlmittel bei der vorliegenden Ausführungsform ebenfalls aus Wasser.

[0061] Wie in Fig. 9 dargestellt, weist die Basiseinheit 13 der vorliegenden Ausführungsform einen Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 und einen Ventilsteuerungsteil 61 auf.

[0062] Der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 dient dazu, eine Rückkopplungsregelung so durchzuführen, dass der durch den LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d bestimmte Betriebswert einer LED 41 in einen vorgegebenen Bereich von einem Sollwert fällt. Der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 bestimmt den Betriebswert des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50. Konkret bestimmt der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 den Betriebswert des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 z. B. auf

Basis dessen, ob der von dem LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d berechnete Betriebswert der LED 41 einen vorgegebenen Wert (den Sollwert) überschritten hat.

[0063] Zudem wird, wenn die Schaltzeit des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 theoretisch Null beträgt, ein zu steuerndes Objekt auf einer Hyperebene fixiert, sodass ein Sliding-Mode realisiert werden kann. Die Schaltzeit des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 ist jedoch in Wirklichkeit endlich und führt zu einem Schlagen. So begründet der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 eine Hysterese des vorgegebenen Werts. Das heißt, dass, wenn sich das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 im AUS-Zustand befindet, der Betriebswert des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 so bestimmt wird, dass das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 in den EIN-Zustand geschaltet wird, wenn der durch den LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d berechnete Betriebswert der LED 41 den Sollwert um einen vorgegebenen Wert überschreitet. Wenn sich das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 im EIN-Zustand befindet, wird der Betriebswert des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 so bestimmt, dass das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 in den AUS-Zustand geschaltet wird, wenn der Betriebswert der LED 41 unter einen Wert fällt, der durch Subtrahieren des vorgegebenen Werts vom Sollwert erhalten wird. Die Information über die Hysterese, d. h. den vorgegebenen Wert, wird im Speicherteil 13a gespeichert. Man kann sagen, dass der Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 eine Rückkopplungsregelung so vornimmt, dass der Mittelwert der durch den LED-Betriebswertbestimmungsteil 13d bestimmten Betriebswerte der LED 41 dem Sollwert konstant entspricht.

[0064] Der Ventilsteuerteil 61 schaltet zwischen dem Öffnen und Schließen des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50 auf Basis des Betriebswerts um, der durch den Ventilbetriebswertbestimmungsteil 60 bestimmt wurde. Damit wird die Absorption von Wärme aus dem elektronischen Bauelement D oder dergleichen durch das Kühlmittel gesteuert.

[0065] Bei der vorliegenden Ausführungsform wird bei der Prüfung des elektronischen Bauelements D die Lichtausgangsleistung der LED 41 auf Basis der Informationen über die in der Potentialdifferenzzeugungsschaltung des elektronischen Bauelements D erzeugte Potentialdifferenz so gesteuert, dass die Temperatur des elektronischen Bauelements zur Prüftemperatur/Solltemperatur wird, und das Umschalten zwischen Ausführung und Unterbrechung der Kühlmittelzufuhr in den Aufspanntisch 30, d. h. das Öffnen und Schließen des Hochgeschwindigkeitsschaltventils 50, wird so gesteuert, dass der Mittelwert der Ausgangsleistungen der LED 41 zum Sollwert wird.

[0066] Um die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D zu steuern, steuert die Basiseinheit 13 auch bei der vorliegenden Ausführungsform die Erwärmung mittels der Lichtausgangsleistung der dem elektronischen Bauelement D zugeordneten LED 41 auf Grundlage der Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D, wobei sie auch die Wärmeaufnahme durch das Kühlmittel im Kühlmittelkanal 32a des Aufspanntisches 30 auf Grundlage der Lichtausgangsleistung der LED 41 steuert. Daher müssen keine LEDs 41 mit großer maximaler Ausgangsleistung verwendet oder die Anzahl der LEDs 41 erhöht werden. Daher kann eine Zunahme der Kosten verhindert werden, wobei sich ein Kühlen der LEDs 41 erübrigt. Ferner kann die Zuverlässigkeit des Probers 1 aufrechterhalten werden, da die Ausfallrate von LEDs 41 gering ist, wenn sich nicht gekühlt werden.

[0067] Bei der vorliegenden Ausführungsform ist für das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 im Gegensatz zum Durchflussregelventil 36 kein Motor erforderlich, wodurch die Kosten gering gehalten und Platz eingespart werden können.

[0068] Da der Sollwert des Betriebswerts der LED 41 eine Hysterese aufweist, kann ein zu steuerndes Objekt bei der vorliegenden Ausführungsform auf einer Hyperebene fixiert werden, ohne dass es zu einem Schlagen kommt.

[0069] Auch bei der vorliegenden Ausführungsform ist das auf der Temperaturregelung der Basiseinheit 13 basierende Regelverfahren eine Sliding-Mode-Regelung, die sowohl ein lineares als auch ein nicht-lineares Element verwendet. Als lineares Element werden die Lichtausgangsleistung der LED 41 und als nichtlineares Element die Schaltung der Kühlmittelzufuhr (Ausführung/Unterbrechung) verwendet.

(Dritte Ausführungsform)

[0070] Fig. 10 zeigt eine Darstellung zur Erläuterung einer als Prober ausgebildeten Testvorrichtung für ein elektronisches Bauelement gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung und zeigt ein Blockschaltbild das den Aufbau einer in dem Prober enthaltenen Basiseinheit schematisch veranschaulicht. In dem wie in Fig. 10 dargestellten Prober der vorliegenden Ausführungsform weist die Basiseinheit 13 einen LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 und einen LED-Steuerungsteil 71 auf.

[0071] Der LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 dient der Vornahme einer Rückkopplungsregelung bei der die Temperatur des zu untersuchenden elektronischen Bauelements D konstant auf der Solltemperatur gehalten wird, wobei der Betriebswert der LED 41 auf Basis der Temperatur des elektronischen Bauelements D und der Temperatur des Aufspannti-

sches 30 bestimmt wird. Konkret berechnet der LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 beispielsweise die Differenz zwischen der mit Hilfe des Bauelementtemperaturberechnungsteils 13c berechneten Temperatur des elektronischen Bauelements D und der im Speicherteil 13a gespeicherten Solltemperatur des elektronischen Bauelements D und nimmt eine Schätzung der Temperatur des Aufspanntisches 30 vor. Die obige Schätzung erfolgt z. B. anhand einer zeitlichen Integration der Differenz. Anschließend berechnet der LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 eine Differenz zwischen der geschätzten Temperatur des Aufspanntisches 30 und der über den Aufspanntischtemperaturbezugsteil 13h bezogenen Temperatur des Aufspanntisches 30 und berechnet/bestimmt den Betriebswert der LED 41, die dem zu prüfenden elektronischen Bauelement D zugeordnet ist, auf Basis der Differenz. Das bedeutet, dass der LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 den Betriebswert der LED 41 berechnet/bestimmt, indem er eine Zustandsrückmeldung vornimmt, bei der die Temperatur des Aufspanntisches 30 als Zustandswert verwendet wird.

[0072] Der LED-Steuerteil 71 stellt die Lichtausgangsleistung der LED 41 auf Basis des von dem LED-Betriebswertbestimmungsteil 70 berechneten Betriebswerts ein. Dadurch wird die Erwärmung des zu prüfenden elektronischen Bauelements D oder dergleichen über das Licht der LED 41 gesteuert.

[0073] Bei dem Prober der vorliegenden Ausführungsform wird bei einer Rückkopplungsregelung der Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D eine Zustandsrückkopplung vorgenommen, bei der die Temperatur des Aufspanntisches 30 (genauer gesagt des Deckelelements 31) als Zustandsgröße verwendet wird. Dadurch lässt sich die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements D genauer regeln.

[0074] Die vorliegende Ausführungsform lässt sich auch auf den Fall anwenden, bei dem die Wärmeabsorption durch Umschalten zwischen Ausführung und Unterbrechung der Kühlmittelzufuhr gesteuert wird, wobei als Ventil das Hochgeschwindigkeitsschaltventil 50 eingesetzt wird.

[0075] Bei dem oben angegebenen Beispiel handelt es sich um ein Beispiel, bei dem die Anzahl der gleichzeitig zu prüfenden elektronischen Bauelemente D eins beträgt. Die oben beschriebenen Ausführungsformen sind jedoch auch auf einen Fall anwendbar, bei dem mehrere elektronische Bauelemente D gleichzeitig geprüft werden. In diesem Fall wird der auf die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel bezogene Betriebswert beispielsweise so bestimmt, dass der Mittelwert der Betriebswerte der den jeweiligen elektronischen Bauelementen zuge-

ordneten LEDs konstant auf dem Sollwert gehalten wird.

[0076] Vorstehend wurden Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung beschrieben, die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht auf diese Beispiele beschränkt. Für einen Durchschnittsfachmann ist es jedoch offensichtlich, dass diverse Abwandlungen oder Änderungen innerhalb des Umfangs der in den Ansprüchen dargelegten technischen Lehre denkbar sind, und es wird davon ausgegangen, dass diese Abwandlungen und Änderungen dem technischen Umfang der vorliegenden Offenbarung selbstverständlich zuzurechnen sind.

< Beispiele >

[0077] Die Fig. 11A und 11B bis 16A und 16B zeigen für die Vergleichsbeispiele 1 und 2 und die Testbeispiele 1 bis 4 Simulationsergebnisse für die Temperaturen von elektronischen Bauelementen, wenn die zu prüfenden elektronischen Bauelemente Wärme verzögerungsfrei erzeugen. In jeder der Figuren repräsentieren die horizontale Achse die Zeit und die linke vertikale Achse die Temperatur des elektronischen Bauelements sowie die Heizleistung des elektronischen Bauelements. Die rechte vertikale Achse repräsentiert in den Fig. 11A, 11B, 12A und 12B den LED-Betriebswert, in den Fig. 13A, 13B, 14A und 14B den Öffnungsgrad des Kühlmittel-Durchflussregelventils und in den Fig. 15A, 15B, 16A und 16B den geöffneten/geschlossenen Zustand des Hochgeschwindigkeitsschaltventils. An der rechten vertikalen Achse in den Figuren Fig. 15A, 15B, 16A und 16B bedeuten „1“, dass sich das Ventil im geöffneten Zustand befindet, und „0“, dass das Ventil geschlossen ist. Jede der Figuren B zeigt eine teilweise vergrößerte Ansicht der zugehörigen Figur A.

[0078] Die Vergleichsbeispiele 1 und 2 zeigen Simulationsergebnisse, wenn ein Vergleichsprober verwendet wird. Der Vergleichsprober unterscheidet sich vom Prober der ersten Ausführungsform lediglich durch das Verfahren zur Regelung der Temperatur des elektronischen Bauelements. Der Vergleichsprober steuert die Temperatur des elektronischen Bauelements lediglich durch Steuern der Erwärmung über die Lichtausgangsleistung bei konstant gehaltener Wärmeabsorption durch das Kühlmittel. Die Testbeispiele 1 und 2 stellen Simulationsergebnisse dar, wenn ein Prober gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform eingesetzt wird. Die Testbeispiele 3 und 4 stellen Simulationsergebnisse dar, wenn ein Prober gemäß der oben beschriebenen zweiten Ausführungsform eingesetzt wird.

[0079] Für die oben angeführten Simulationen wurde angenommen, dass die elektronischen Bauelemente nach Ablauf von etwa 80 Sekunden für etwa

10 Sekunden Wärme erzeugt. Das Kühlmittel war Wasser, das Material des Deckelelements 31 des Aufspanntisches 30 war SiC, die maximale Ausgangsleistung der LED betrug 90 W und der Sollbetriebswert der LED betrug 30 W. Ferner betrug die Solltemperatur des elektronischen Bauelements außer bei dem Testbeispiel 4 85 Grad C, wobei die Solltemperatur bei dem Testbeispiel 4 105 Grad C betrug. Die Heizleistung des elektronischen Bauelements betrug beim Vergleichsbeispiel 1 50 W, beim Vergleichsbeispiel 2 100 W, beim Testbeispiel 1 200 W, bei den Testbeispielen 2 und 3 300 W und beim Testbeispiel 4 765 W.

[0080] Bei dem oben beschriebenen Vergleichsprobekann, wie aus dem Vergleichsbeispiel 1 von **Fig. 11A** und **Fig. 11B** ersichtlich ist, die Temperatur, wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements nur 50 W beträgt, in einem an der Solltemperatur gelegenen geeigneten Bereich (innerhalb der Solltemperatur +3 Grad C) geregelt werden. Wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements jedoch 100 W erreicht, steigt die Temperatur des elektronischen Bauelements, wie aus dem Vergleichsbeispiel 2 in **Fig. 12A** und **Fig. 12B** ersichtlich ist, über die Solltemperatur an, konkret auf 92,7 Grad C, und verlässt den geeigneten Bereich.

[0081] Dagegen kann die Temperatur eines elektronischen Bauelements bei einem Prober gemäß der ersten Ausführungsform, wie aus dem Testbeispiel 1 von **Fig. 13A** und **Fig. 13B** ersichtlich ist, selbst dann, wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements 200 W beträgt, und somit größer ist als beim Vergleichsbeispiel 2, innerhalb des an der Solltemperatur gelegenen geeigneten Bereichs, d. h. auf 88 Grad C oder darunter, eingeregelt werden. Wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements bei einem Prober gemäß der ersten Ausführungsform sehr groß ist, beispielsweise 300 W wie im Testbeispiel 2 von **Fig. 14A** und **Fig. 14B**, dann steigt die Temperatur jedoch auf 93,8 Grad C an.

[0082] Bei einem Prober gemäß der zweiten Ausführungsform weist die Temperatur des elektronischen Bauelements, wie aus dem Testbeispiel 3 von **Fig. 15A** und **Fig. 15B** ersichtlich ist, selbst dann, wenn die Heizleistung des elektronischen Bauelements mit 300 W sehr groß ist, mit maximal 85,9 Grad C einen Wert nahe der Solltemperatur auf und kann innerhalb eines sehr nahe an der Solltemperatur gelegenen Bereichs geregelt werden. Ferner beträgt die Temperatur des elektronischen Bauelements bei einem Prober gemäß der zweiten Ausführungsform selbst bei einer größeren Heizleistung des elektronischen Bauelements, beispielsweise im Falle einer Heizleistung von 765 W wie im Testbeispiel 4 von **Fig. 16A** und **Fig. 16B**, die mehr als dem Doppelten der des Testbeispiels 3 ent-

spricht, bei einer Solltemperatur von 105 Grad C nur 107,2 Grad C, und liegt damit gerade einmal 2,2 Grad über der Solltemperatur und kann daher innerhalb eines geeigneten Bereichs von der Solltemperatur geregelt werden.

GEWERBLICHE NUTZUNG DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0083] Die vorliegende Offenbarung eignet sich für die Technologie zur Prüfung elektronischer Bauelemente.

ERLÄUTERUNG DER BEZUGSZEICHEN

[0084] 1: Prober, 2: Aufnahmekammer, 3: Ladestation, 4: Tester, 10: Objektisch, 11: Proberplatine, 11a: Prüfspitze, 12: Schnittstelle, 13: Basiseinheit, 13a: Speicherteil, 13b: Bauelementtemperaturinformationsbezugsteil, 13c: Bauelementtemperaturberechnungsteil, 13d, 70: LED-Betriebswertbestimmungsteil, 13e, 60: Ventilbetriebswertbestimmungsteil, 13f, 71: LED-Steuerungsteil, 13g, 61: Ventilsteuerungsteil, 13h: Aufspanntischtemperaturbezugsteil, 14: Potenzialdifferenzmesseinheit, 17: Tester-Computer, 18: Benutzerschnittstelle, 31a: Temperatursensor, 32: Bodenelement, 32a: Kühlmittelkanal, 36: Durchflussregelventil, 40: Lichtbestrahlungsmechanismus, 41: LED, 50: Hochgeschwindigkeitsschaltventil, E: Elektrode, U: LED-Einheit, W: Wafer

Patentansprüche

1. Testvorrichtung, die einen Anschlusskontakt mit einem auf einem Testobjekt ausgebildeten elektronischen Bauelement in elektrischen Kontakt bringt, um das elektronische Bauelement zu prüfen, wobei die Testvorrichtung umfasst:
einen Aufspanntisch, der aufweist: einen Kühlmittelkanal, durch den ein zum Übertragen von Licht geeignetes Kühlmittel strömt, eine durch ein Deckelement gebildete Seite zum Anbringen des Testobjekts, und eine der Seite zum Anbringen des Testobjekts gegenüberliegende Seite, die von einem lichtdurchlässigen Bauteil gebildet ist, wobei der Aufspanntisch ausgebildet ist, das Testobjekt auf der durch das Deckelement gebildeten Seite zum Anbringen anzubringen;
einen Lichtbestrahlungsmechanismus mit LEDs, die so angeordnet sind, dass sie zu einer Oberfläche an der der Seite zum Anbringen des Testobjekts am Aufspanntisch gegenüberliegenden Seite weisen, wobei die LEDs zum Testobjekt gerichtet sind; und
eine Steuerung, die ausgebildet ist, die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements durch Steuern der Wärmeabsorption durch das Kühlmittel und der Erwärmung durch Licht von den LEDs zu steuern, wobei das Deckelement und das lichtdurchlässige Bauteil miteinander in Kontakt

kommen, und wobei die Steuerung ausgebildet ist: eine Lichtausgangsleistung der LEDs auf Basis von zumindest einer gemessenen Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements zu steuern; und die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel auf Basis der Lichtausgangsleistung der LEDs zu steuern.

2. Testvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuerung ausgebildet ist: die Lichtausgangsleistung der LEDs so steuern, dass die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements konstant wird; und die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel so zu steuern, dass die Lichtausgangsleistung der LEDs konstant wird.

3. Testvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuerung ausgebildet ist, die Lichtausgangsleistung der LEDs auf Basis der gemessenen Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements und einer gemessenen Temperatur des Aufspanntisches so zu steuern, dass die Temperatur des zu prüfenden elektronischen Bauelements konstant wird.

4. Testvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuerung ausgebildet ist, die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel durch Steuern eines Volumenstroms des Kühlmittels so zu steuern, dass die Lichtausgangsleistung der LEDs konstant wird.

5. Testvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Steuerung ausgebildet ist, die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel durch Steuern eines Volumenstroms des Kühlmittels so zu steuern, dass die Lichtausgangsleistung der LEDs konstant wird.

6. Testvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuerung ausgebildet ist, die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel durch Umschalten zwischen einer Ausführung und einer Unterbrechung der Kühlmittelzufuhr basierend darauf zu steuern, ob die Lichtausgangsleistung der LEDs einen vorgegebenen Wert überschreitet.

7. Testvorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Steuerung ausgebildet ist, die Wärmeabsorption durch das Kühlmittel durch Umschalten zwischen einer Ausführung und einer Unterbrechung der Kühlmittelzufuhr basierend darauf zu steuern, ob die Lichtausgangsleistung der LEDs einen vorgegebenen Wert überschreitet.

8. Testvorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Steuerung bewirkt, dass der vorgegebene Wert eine Hysterese aufweist.

9. Testvorrichtung nach Anspruch 7, bei der die Steuerung bewirkt, dass der vorgegebene Wert eine Hysterese aufweist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

1

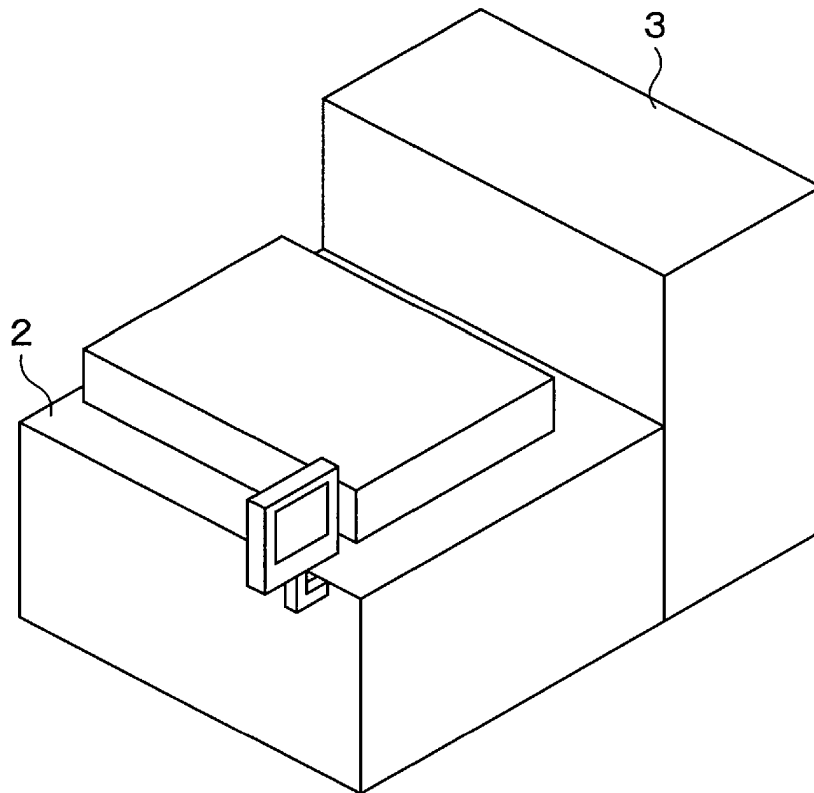


FIG. 2

1

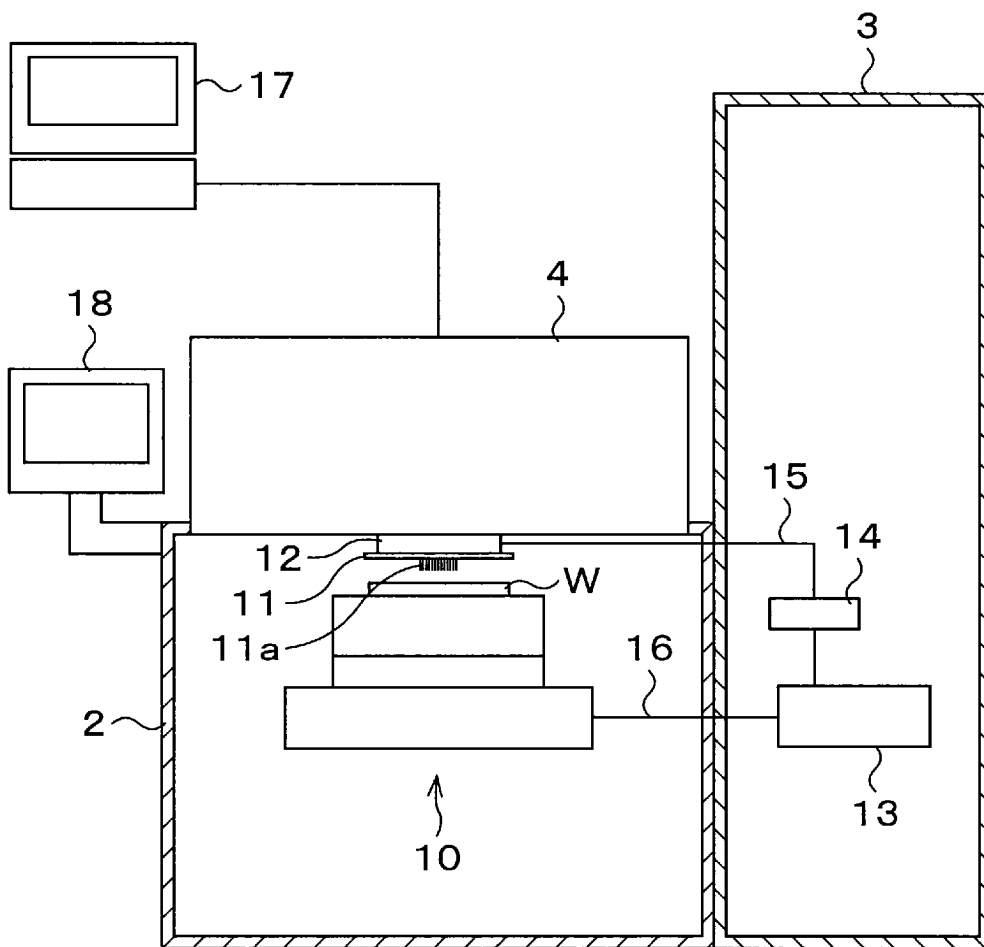


FIG. 3

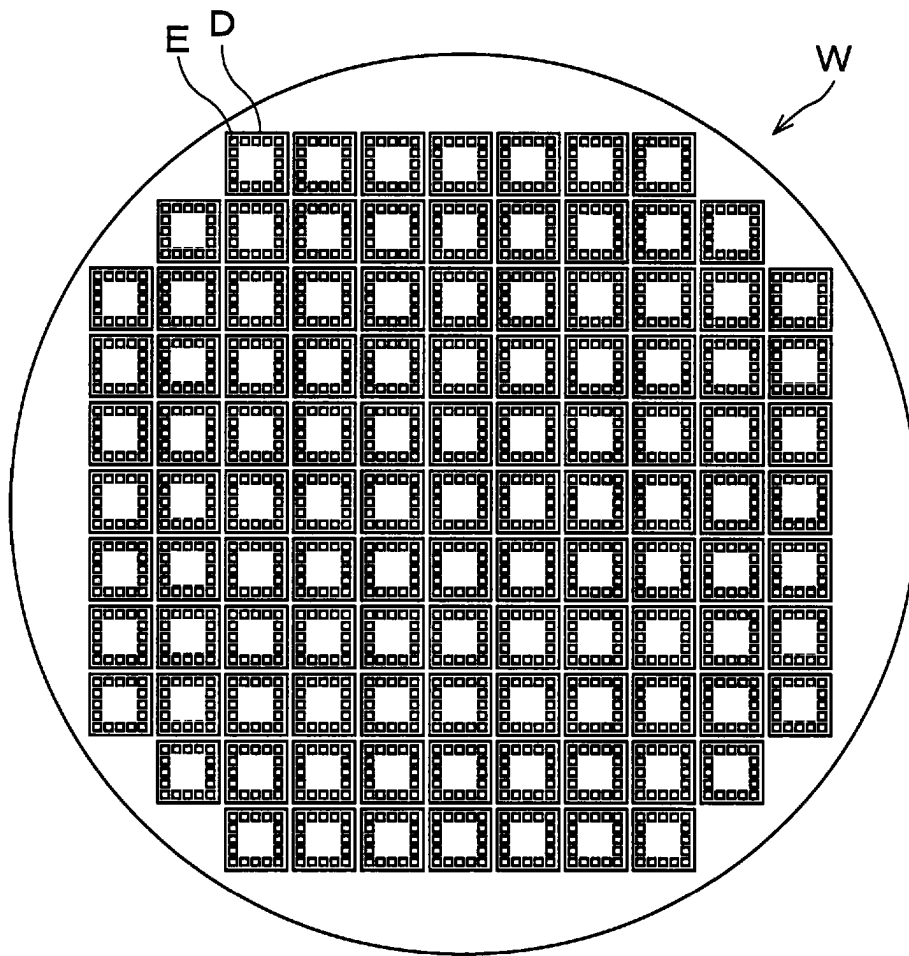


FIG. 5

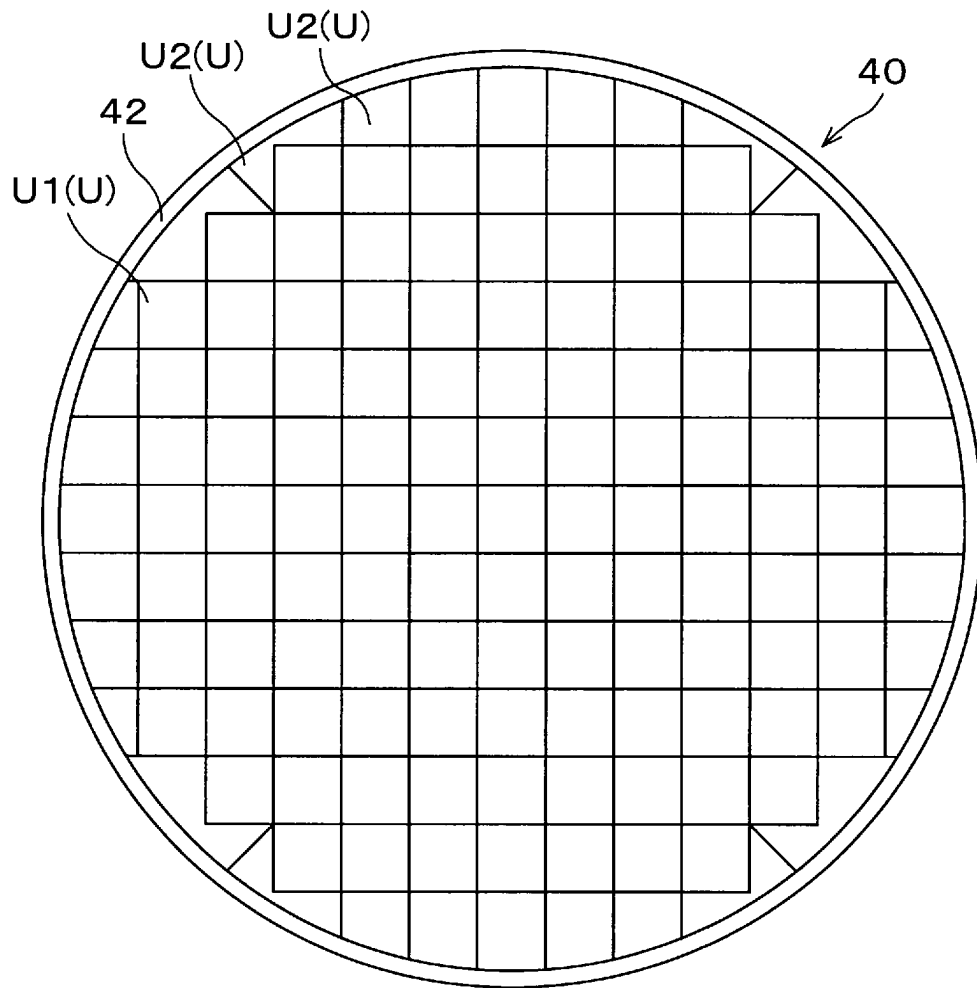


FIG. 6

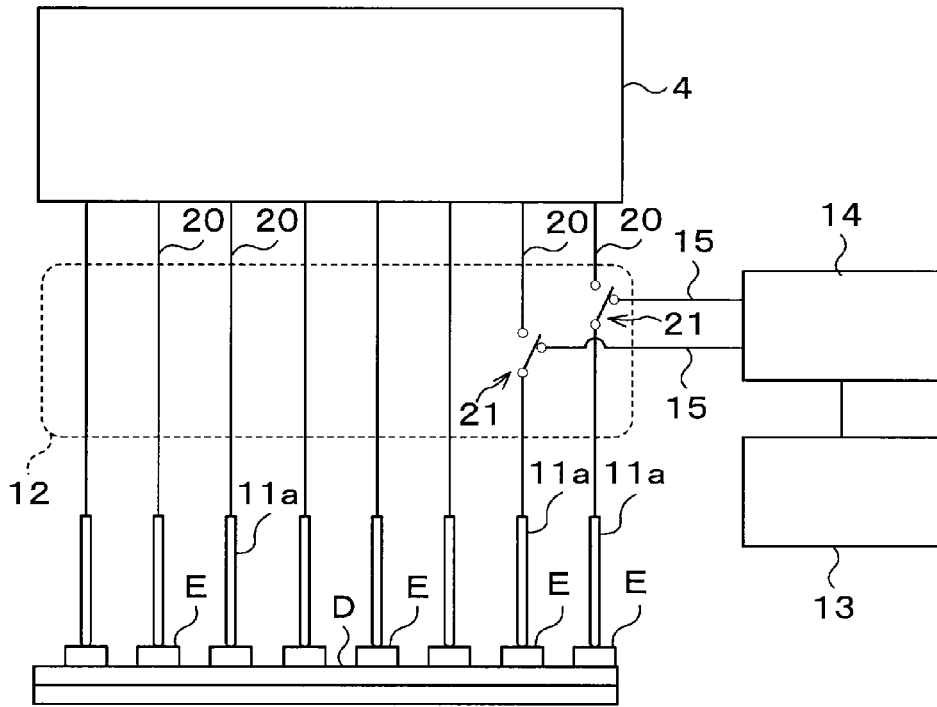


FIG. 7

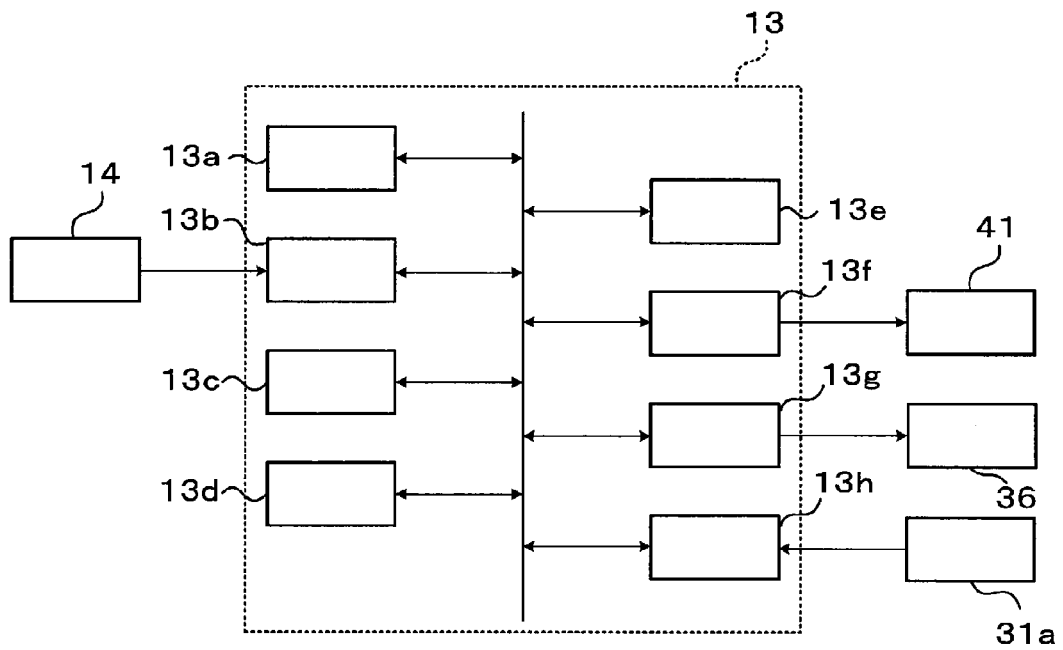


FIG. 8

10

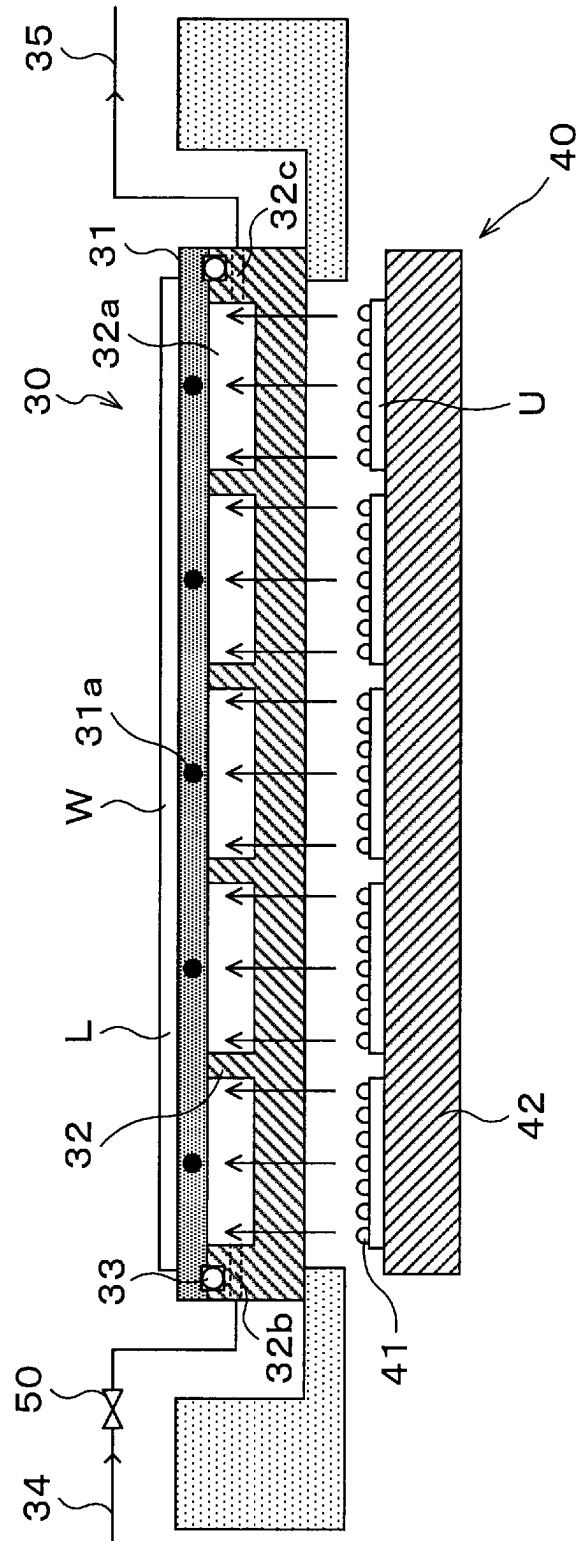


FIG. 9

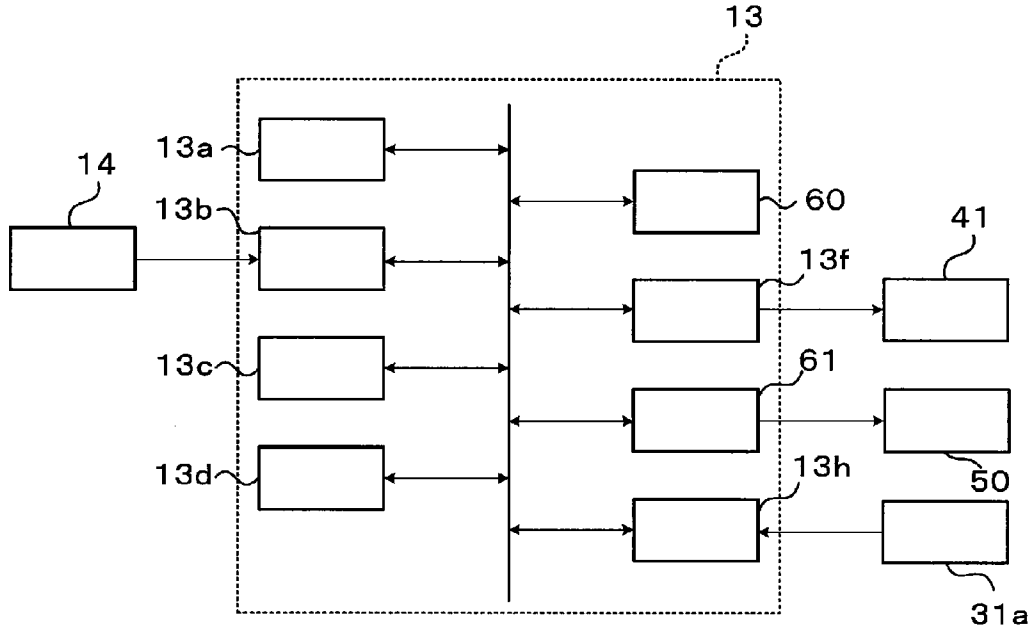


FIG. 10

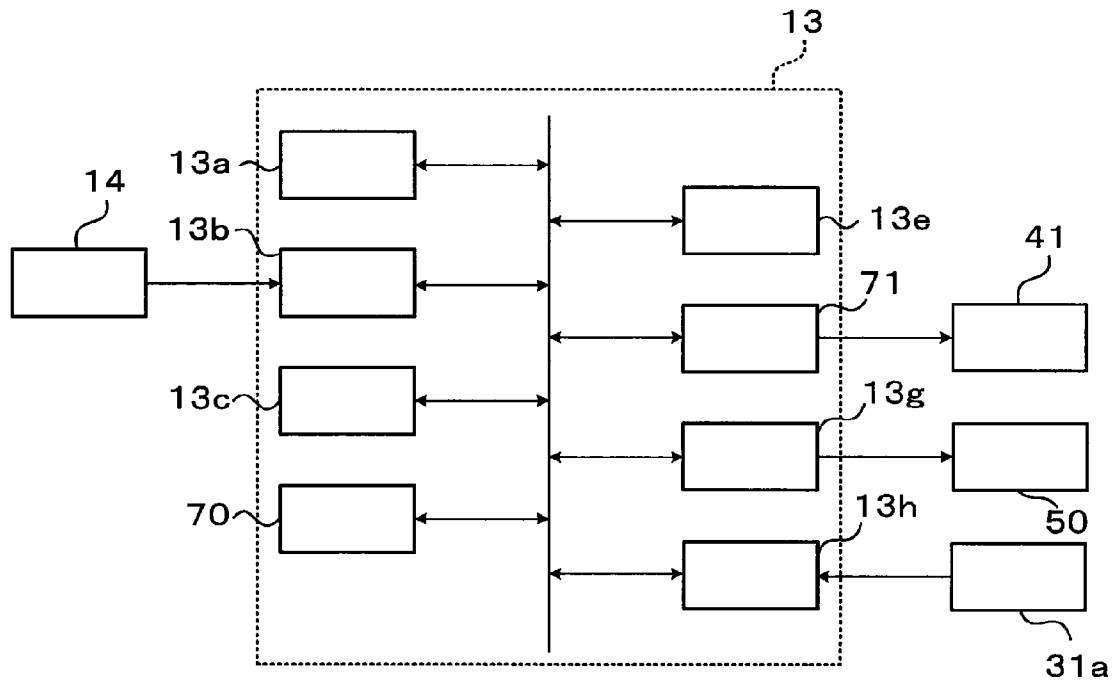


FIG. 11A

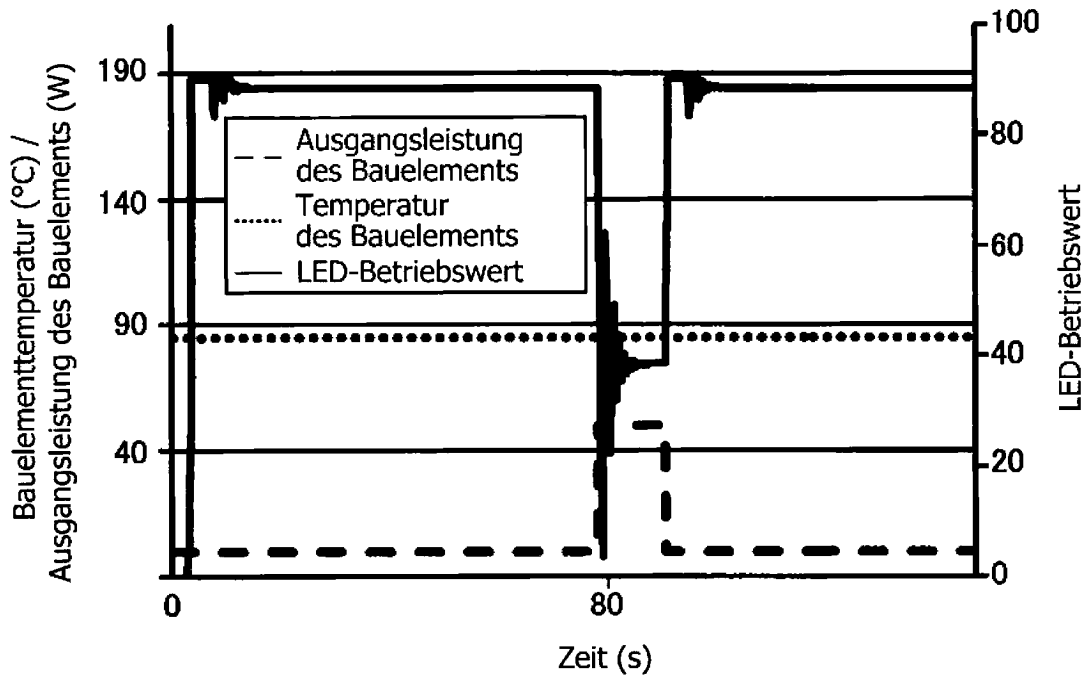


FIG. 11B

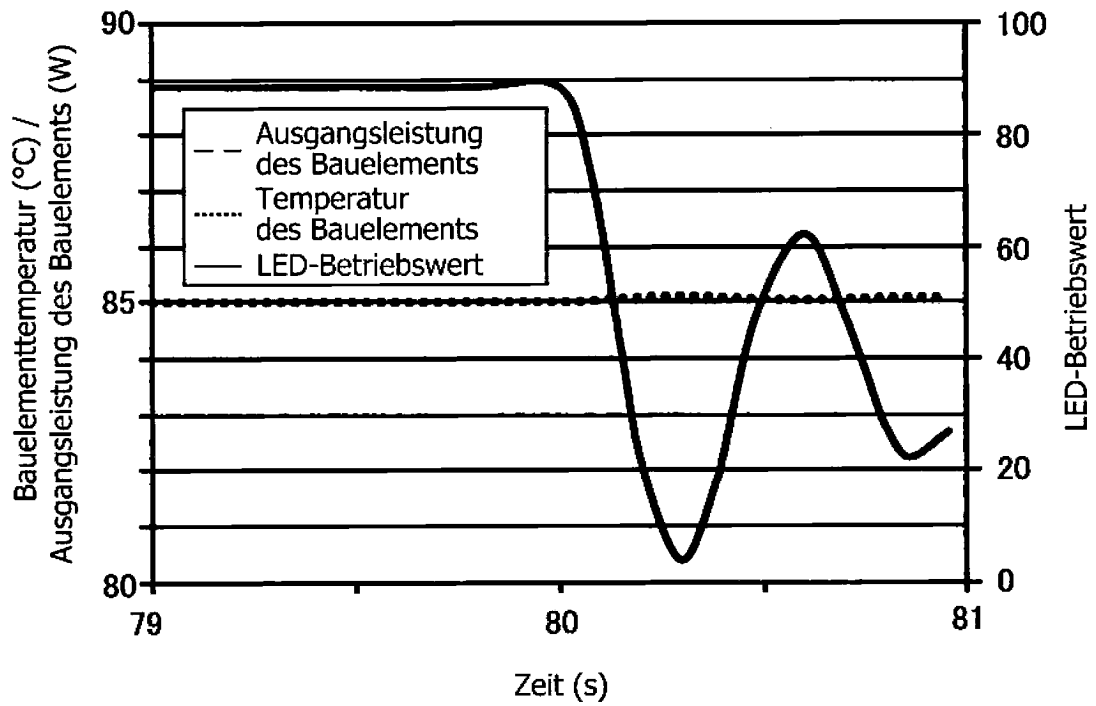


FIG. 12A

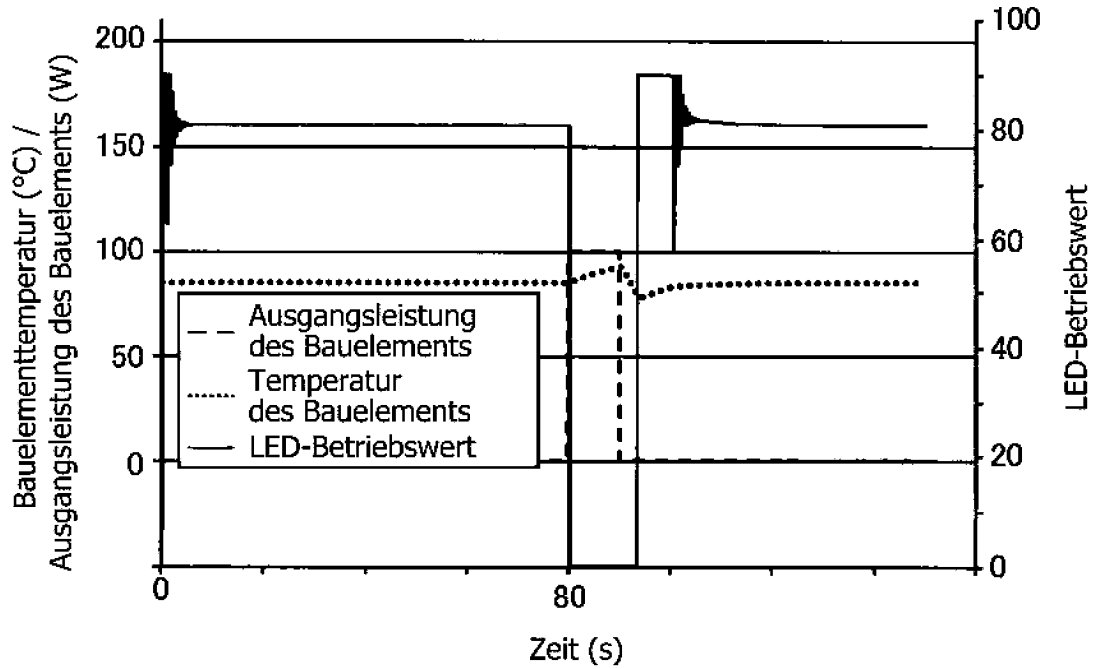


FIG. 12B

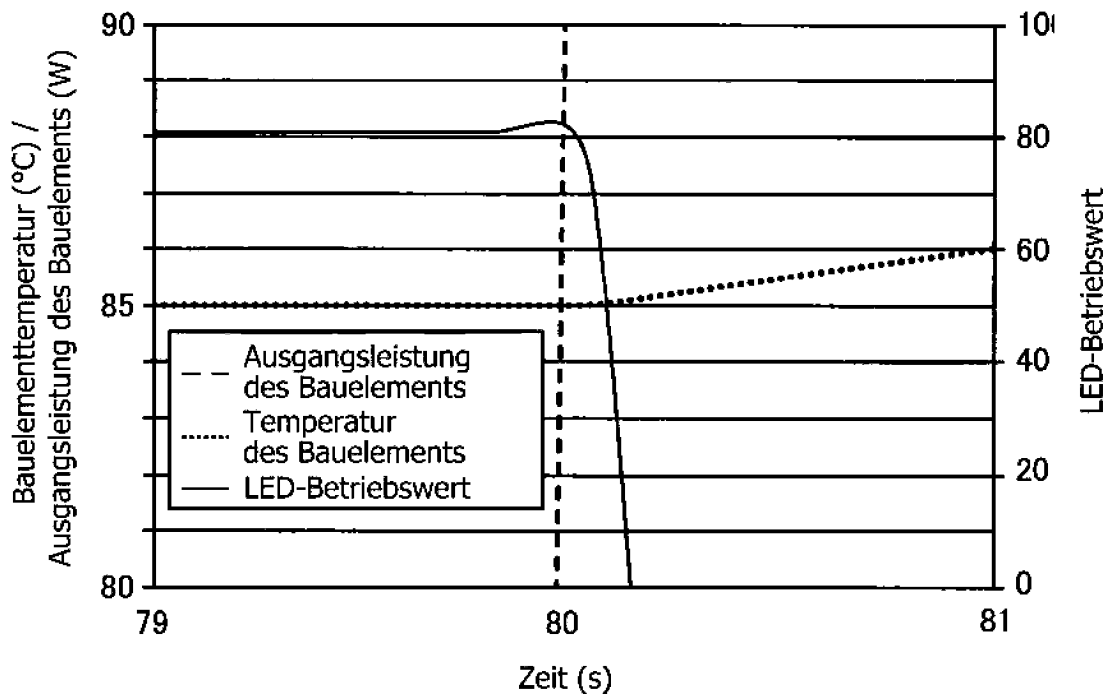


FIG. 13A

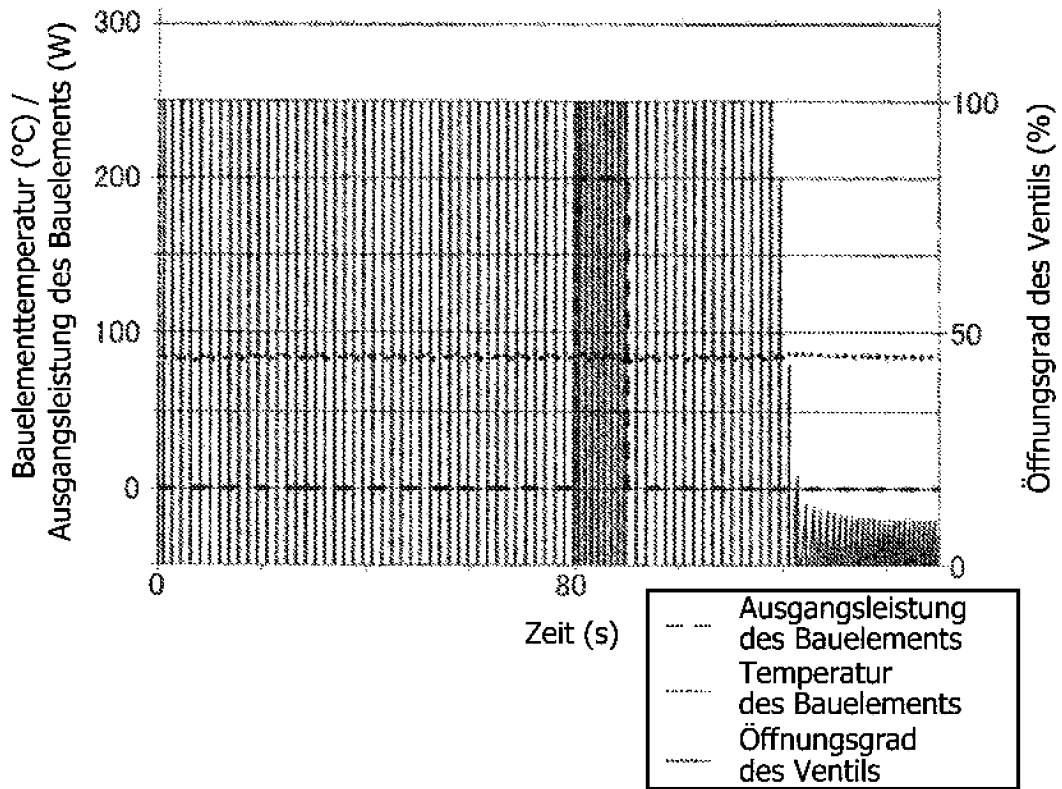


FIG. 13B

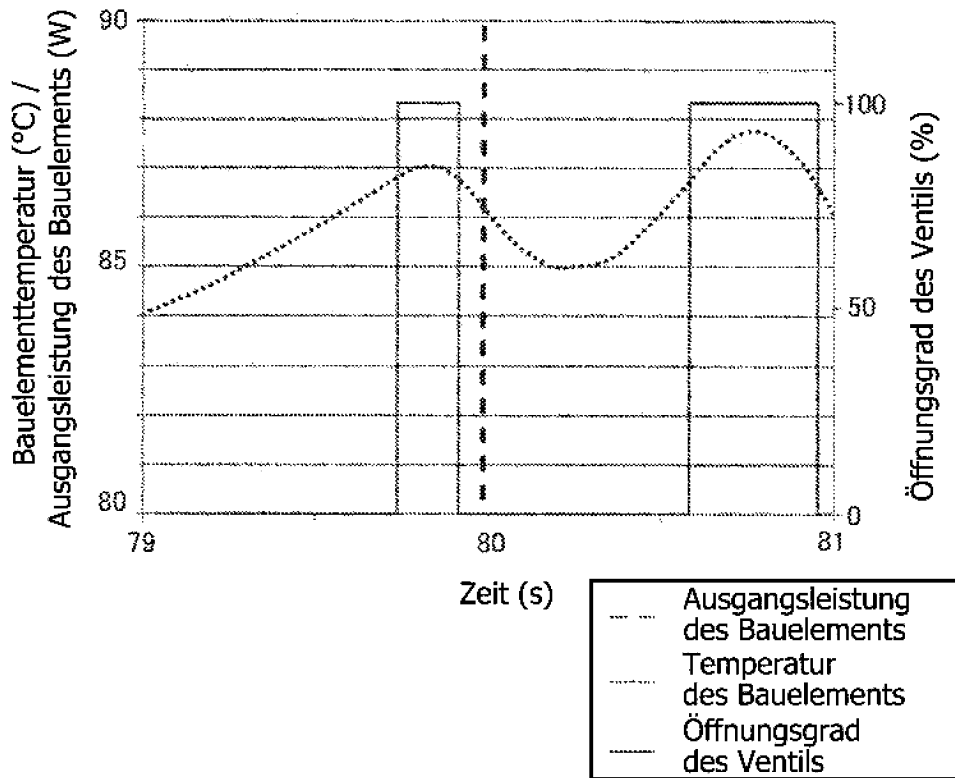


FIG. 14A

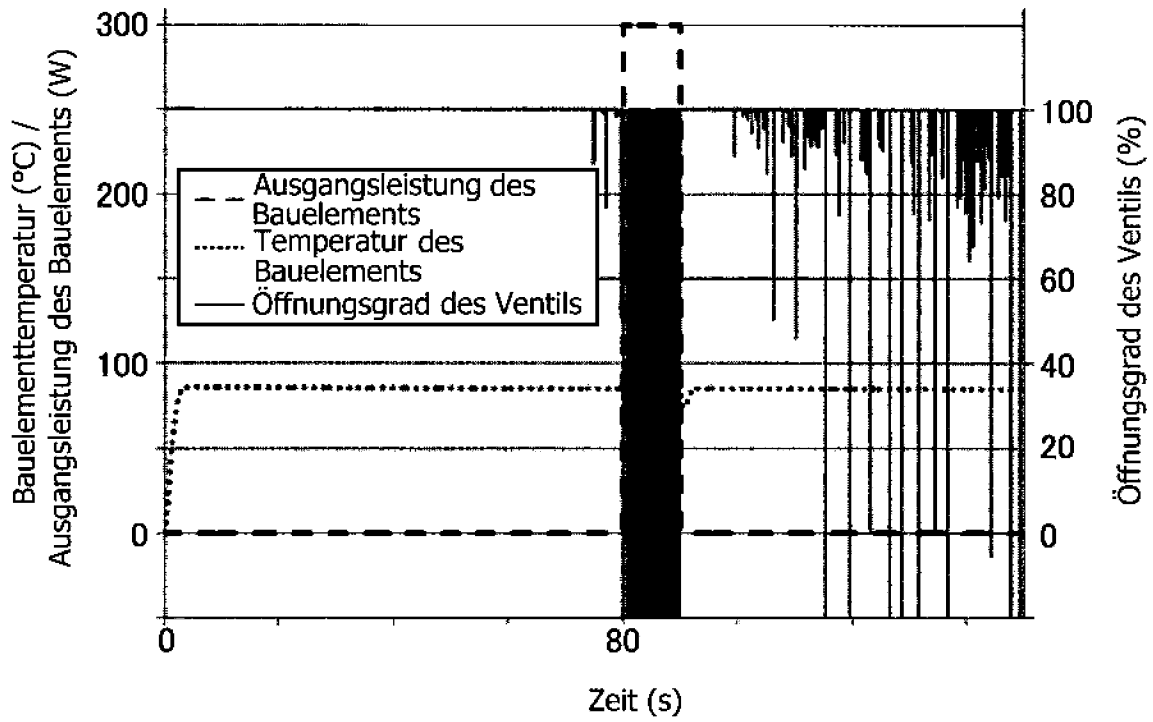


FIG. 14B

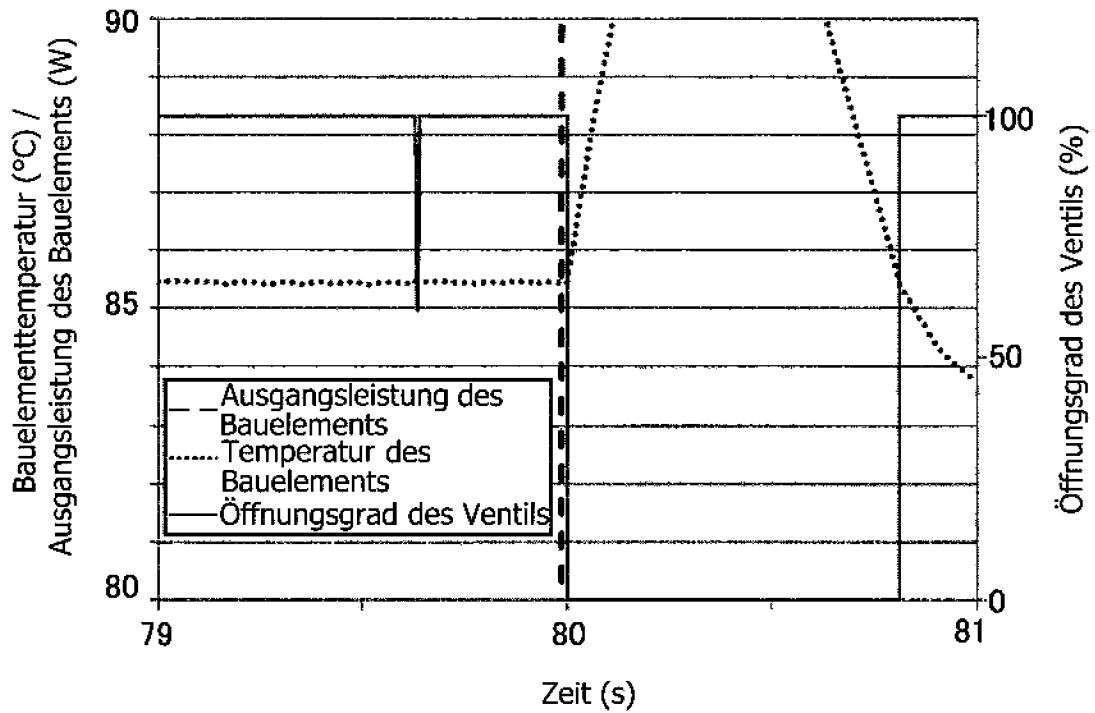


FIG. 15A

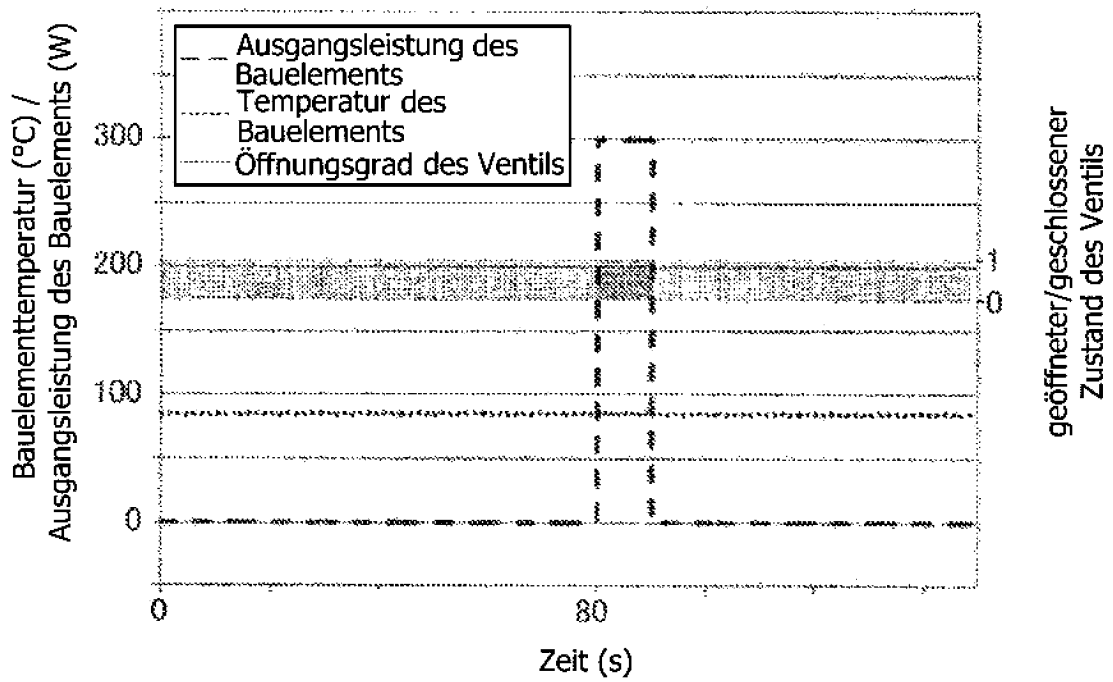


FIG. 15B

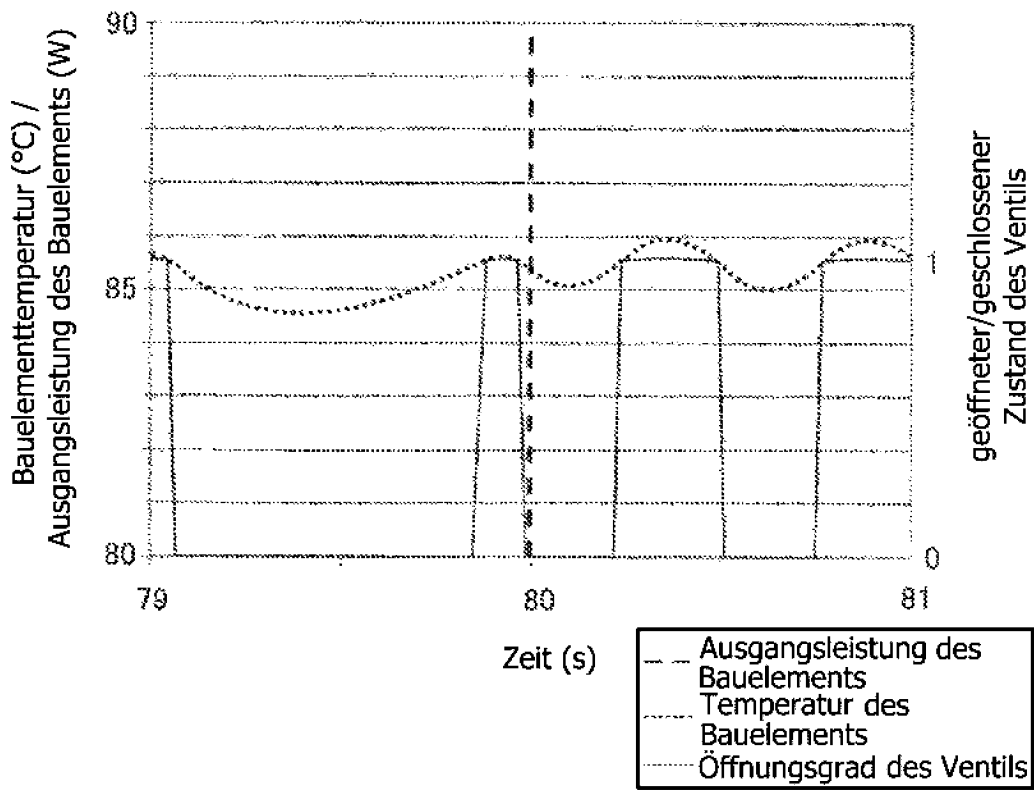


FIG. 16A

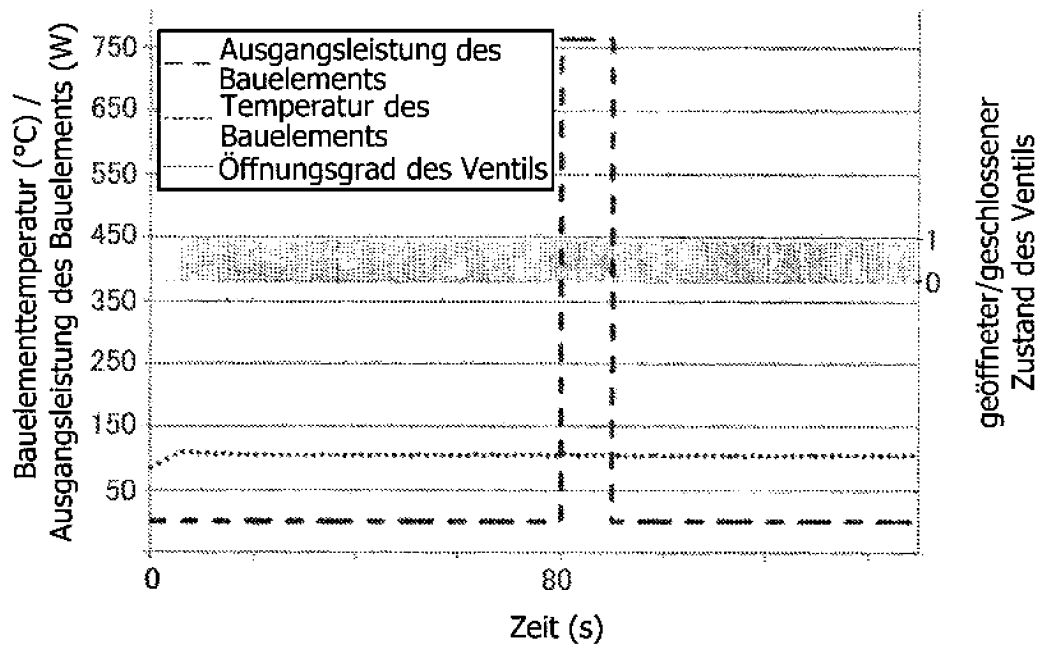


FIG. 16B

