



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

(10) **DE 11 2006 002 595 T5 2008.10.23**

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2007/040081**  
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2006 002 595.3**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2006/318960**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **25.09.2006**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.04.2007**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **23.10.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **C30B 15/14 (2006.01)**  
**C30B 29/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2005-287356 30.09.2005 JP**

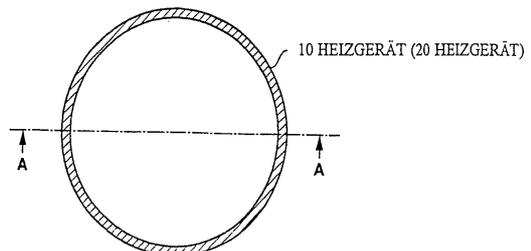
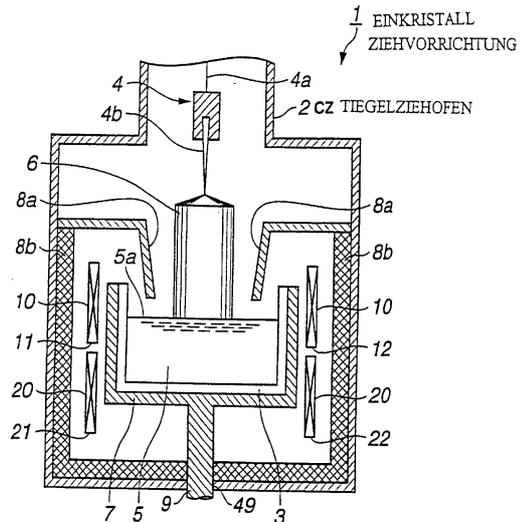
(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen**

(71) Anmelder:  
**Sumco Techxiv K.K., Hiratsuka, Kanagawa, JP**

(72) Erfinder:  
**Iida, Tetsuhiro, Hiratsuka, Kanagawa, JP;**  
**Shiraishi, Yutaka, Hiratsuka, Kanagawa, JP;**  
**Tomioka, Junsuke, Hiratsuka, Kanagawa, JP**

(54) Bezeichnung: **Herstellungsvorrichtung und Herstellungsverfahren für ein Einkristall-Halbleiter**

(57) Hauptanspruch: Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:  
 als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
 das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters sowie ein Herstellungsverfahren.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** [Fig. 3](#) zeigt ein Beispiel einer Struktur einer konventionellen Einkristall-Ziehvorrichtung 1.

**[0003]** Ein Quarztiegel 3 ist in einem Einkristall-Ziehgefäß 2, nämlich einem Tiegelziehofen 2, angeordnet. Im Quarztiegel 3 wird polykristallines Silizium (Si) erwärmt und geschmolzen. Nach der Stabilisierung des Schmelzens wird Einkristall-Silizium 6 aus einer Siliziumschmelze 5 im Quarztiegel 3 von einem Ziehmechanismus 4 unter Anwendung eines Tiegelziehverfahrens hochgezogen. Beim Aufziehen wird der Quarztiegel 3 von einer Drehwelle 9 gedreht.

**[0004]** Während des Einkristall-Ziehprozesses (Chargenverfahrens) entstehen im Gefäß 2 verschiedenartige verdampfte Stoffe. Es wird daher Argongas (Ar) in das Einkristall-Ziehgefäß 2 geleitet und zusammen mit den verdampften Stoffen aus dem Einkristall-Ziehgefäß 2 abgesaugt, um diese aus dem Gefäß 2 zu entfernen und dieses auf diese Weise zu reinigen. Für jeden Prozess der Charge wird ein Zufluss des Argongases bestimmt.

**[0005]** Über dem Quarztiegel 3 und rund um das Einkristall-Silizium 6 ist eine Wärmeschutzplatte 8a (ein Gasrektifikationsrohr) vorgesehen, um das Gas im Einkristall-Ziehgefäß 2 so zu rektifizieren, dass es zur Oberfläche 5a der Schmelze 5 gebracht wird, und um das Einkristall-Silizium 6 vor einer Wärmequelle zu schützen. Der Abstand zwischen dem unteren Ende der Wärmeschutzplatte 8a und der Oberfläche 5a der Schmelze wird entsprechend bemessen.

**[0006]** Sauerstoff ist im hochgezogenen und gewachsenen Einkristall-Silizium 6 in einem Zustand einer nicht festen Lösung. Der Sauerstoff löst sich aus dem Quarztiegel 3 in die Siliziumschmelze 5 auf und wird beim Aufziehen in das Einkristall-Silizium 6 aufgenommen. Die Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium 6 hat einen erheblichen Einfluss auf die Eigenschaften des Elements und der Vorrichtung sowie auf den Ertrag des Herstellungsprozesses für Element und Vorrichtung. Die erforderliche Sauerstoffkonzentration wird vom jeweiligen Element und von der jeweiligen Vorrichtung bestimmt. Die Herstellung von Einkristall-Silizium erfordert daher einen Prozess, der mit unterschiedlichen Sauerstoffkonzentrationen arbeiten kann. Zur gleichen Zeit wird, wenn die Sauerstoffkonzentration in der Wachstumsrichtung des Kristalls einheitlicher ist, der Anteil, wel-

cher der für Element und Vorrichtung erforderlichen Sauerstoffkonzentration entspricht, größer. Wenn also der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration für den ganzen Kristall vergrößert wird, kann der Ertrag an Einkristall-Silizium verbessert werden.

**[0007]** Ein Heizgerät 10 ist ringförmig um den Quarztiegel 3 angeordnet. Das Heizgerät 10 weist eine positive Elektrode 11 und eine negative Elektrode 12 (Masse) auf und erzeugt bei Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden Wärme zum Erwärmen der Schmelze 5 im Quarztiegel 3. Der Strom für das Heizgerät 10 wird zum Ändern der vom Heizgerät 10 erzeugten Wärmemenge so eingestellt, dass die Temperatur im Quarztiegel 3 zur Beeinflussung des Verhaltens des Sauerstoffs geändert wird, der aus dem Quarztiegel 3 eluiert und in das Einkristall-Silizium 6 eingeführt wird. Die vom Heizgerät 10 erzeugte Wärmemenge hat also einen Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im Einkristall-Silizium 6.

**[0008]** Bei Anwendung des in [Fig. 3](#) gezeigten Heizgeräts 10 kann die Verteilung der erzeugten Wärme in der vertikalen Richtung des Heizgeräts 10, d. h. die Temperaturverteilung im Quarztiegel 3, nicht stark geändert werden. Die bloße Einstellung der Stromversorgung des Heizgeräts 10 ergibt also kaum eine einheitliche Sauerstoffkonzentration in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums 6, da der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium 6 sehr klein ist.

**[0009]** Es gibt also bekannte konventionelle Erfindungen, die eine Vielzahl von Heizgeräten in verschiedenen Höhenlagen rund um den Quarztiegel 3 vorsehen, um den Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium 6 wie in den folgenden Patentschriften erläutert einigermaßen zu vergrößern.

**[0010]** Patentschrift 1 offenbart einen Heizapparat, der in zwei Stufen entlang einer Seitenfläche eines Quarztiegels vertikal angeordnet ist.

**[0011]** Patentschrift 2 offenbart einen Heizapparat, der an einer Seitenfläche und am Boden eines Quarztiegels angeordnet ist.

**[0012]** Patentschrift 3 offenbart eine Erfindung, nach der ein Heizgerät in zwei Stufen entlang einer Seitenfläche eines Quarztiegels vertikal angeordnet ist und der zu den einzelnen Heizgeräten fließende Strom zur Regelung der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium auf einen vorgegebenen Bereich beschränkt ist.

**[0013]** Patentschrift 4 offenbart eine Erfindung, nach der ein Heizgerät in drei Stufen entlang einer Seitenfläche eines Quarztiegels vertikal angeordnet ist, wobei die einzelnen Heizgeräte jeweils einen an-

deren elektrischen Widerstand aufweisen und aus einer gemeinsamen Stromquelle versorgt werden und die von den einzelnen Heizgeräten erzeugte Wärmemengen zur Regelung der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium unterschiedlich bemessen sind.

Patentschrift 1: JP-A 62-153191

Patentschrift 2: Japanisches Patent Nr. 2681115

Patentschrift 3: Japanisches Patent Nr. 3000923

Patentschrift 4: JP-A 2001-39792

**[0014]** Die unten beschriebenen Verfahren zur Regelung der Sauerstoffkonzentration mit anderen Mitteln als Heizgeräten wurden in der Praxis verwirklicht und sind bekannt.

1) Verfahren zur Regelung der Sauerstoffkonzentration in Einkristall-Silizium mittels der Drehzahl des Tiegels, des Drucks und des Gasstroms im Ofen.

2) Verfahren zur Regelung der Sauerstoffkonzentration in Einkristall-Silizium durch Bereitstellung einer Magnetfeld-Erzeugungsvorrichtung und Anlegen eines Magnetfeldes an die Schmelze im Quarztiegel mittels der Magnetfeld-Erzeugungsvorrichtung.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

##### Aufgaben der Erfindung

**[0015]** Beim obigen Verfahren 1) ist der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium klein und der Ertrag an Einkristall-Silizium gering.

**[0016]** Beim obigen Verfahren 2) sind die Beschaffungskosten sowie die Wartungs- und Betriebskosten der Magnetfeld-Erzeugungsvorrichtung sehr hoch, so dass sich die Halbleiter nicht kostengünstig herstellen lassen.

**[0017]** Das Verfahren zum Regeln der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium durch mehrere Heizgeräte kann mittlerweile den Regelbereich der Sauerstoffkonzentration gegenüber Verfahren 1) etwas vergrößern und den Ertrag an Einkristall-Silizium, wenn auch nur geringfügig, steigern. Auch sind die Kosten nicht so hoch wie bei Verfahren 2).

**[0018]** Das Verfahren zur Regelung der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium durch eine Vielzahl von Heizgeräten beruht auf der Einstellung des Verhältnisses des an die verschiedenen Heizgeräte gehenden Stroms zur aktiven Änderung der Temperaturverteilung in der vertikalen Richtung des Quarztiegels. Dadurch wird die Auflösungsgeschwindigkeit des Quarztiegels als Sauerstoffquelle oder die Konvektion der Schmelze zum Transport des aufgelösten Sauerstoffs zum Einkristall-Silizium geändert. Dadurch ändert sich die Temperaturverteilung in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums, und die

Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium kann geändert werden.

**[0019]** Das in Patentschrift 3 beschriebene Verfahren beschränkt den an die einzelnen Heizgeräte gehenden Strom auf einen vorgegebenen Bereich. Außerdem wird eine Änderung der Temperaturverteilung in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums natürlich vom elektrischen Leistungsverhältnis innerhalb des vorgegebenen Bereichs bestimmt, so dass die Temperaturverteilung nicht merkbar geändert werden kann. Der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium ist also nicht groß genug, und der Ertrag an Halbleitern ist nicht zufriedenstellend.

**[0020]** Bei dem in Patentschrift 4 beschriebenen Verfahren hat jedes Heizgerät einen anderen Widerstand und gibt eine andere Wärmemenge ab, und der Bereich der Temperaturverteilung in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums wird von der Höhe der einzelnen Heizgeräte und von ihrer Anzahl bestimmt, und die Temperaturverteilung kann nicht merkbar geändert werden. Der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium ist also nicht groß genug, und der Ertrag an Halbleitern ist nicht zufriedenstellend.

**[0021]** Die vorliegende Erfindung basiert auf den obigen Umständen und verbessert den Ertrag an Halbleitern durch Ändern der Temperaturverteilung im Quarztiegel, wenn die Sauerstoffkonzentration des Einkristall-Siliziums von mehreren Heizgeräten geregelt wird, und durch Vergrößern des Regelbereichs der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium.

##### Mittel zur Lösung der Probleme

**[0022]** Eine erste Erfindung betrifft eine Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts.

**[0023]** Eine zweite Erfindung betrifft eine Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
 das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

**[0024]** Eine dritte Erfindung betrifft eine Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen;  
 das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts; und  
 das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

**[0025]** Eine vierte Erfindung betrifft die Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach der ersten, zweiten und dritten Erfindung, wobei die Heizgeräte zwischen dem oberen Teil und dem unteren Teil unterschiedliche stromführende Querschnittflächen aufweisen.

**[0026]** Eine fünfte Erfindung betrifft die Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach der vierten Erfindung, wobei die stromführende Querschnittflächen der Heizgeräte in Abhängigkeit von einer Stromdurchgangsbreite oder -dicke eingestellt

werden.

**[0027]** Eine sechste Erfindung betrifft die Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach der ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Erfindung, wobei zwei Heizgeräte vorgesehen sind, die an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordnet sind; das obere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts entsprechende Stelle; und das untere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts entsprechende Stelle.

**[0028]** Eine siebente Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
 das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts.

**[0029]** Eine achte Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
 das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in

einem unteren Teil des Heizgeräts.

**[0030]** Eine neunte Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;

die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen;

das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts; und

das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

**[0031]** Eine zehnte Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach der siebenten, achten und neunten Erfindung, wobei die Heizgeräte zwischen dem oberen Teil und dem unteren Teil unterschiedliche stromführende Querschnittsflächen aufweisen.

**[0032]** Eine elfte Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach der zehnten Erfindung, wobei die stromführenden Querschnittsflächen der Heizgeräte in Abhängigkeit von einer Stromdurchgangsbreite oder -dicke eingestellt werden.

**[0033]** Eine zwölfte Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach der siebenten, achten, neunten, zehnten und elften Erfindung, wobei zwei Heizgeräte vorgesehen sind, die an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordnet sind; das obere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts entsprechende Stelle; und das untere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts entsprechende Stelle.

**[0034]** Der Sauerstoff im Einkristall wird aus dem

Quarztiegel in die Schmelze eluiert und in den Kristall aufgenommen, aber es ist allgemein bekannt, dass er hauptsächlich von der aus der unteren Innenfläche des Quarztiegels eluierten Menge abhängt. Diese nimmt nämlich mit der Temperatur des Bodens des Quarztiegels zu, und die vom Einkristall aufgenommene Sauerstoffkonzentration wird hoch, und bei abnehmender Temperatur wird die vom Einkristall aufgenommene Sauerstoffkonzentration niedrig.

**[0035]** Die vorliegende Erfindung wird anhand der Zeichnungen beschrieben. Wie [Fig. 2](#) zeigt, ist das obere Heizgerät **10** so konfiguriert, dass die Breite des Stromdurchgangs **c2** des unteren Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite **c1** des oberen Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des oberen Heizgeräts **10** ist also größer im unteren Teil des Heizgeräts als im oberen Teil, während der Widerstandswert im unteren Teil entsprechend niedriger ist als im oberen Teil und daher im unteren Teil eine kleinere Wärmemenge erzeugt wird als im oberen Teil.

**[0036]** Das untere Heizgerät **20** ist hingegen so konfiguriert, dass die Breite des Stromdurchgangs **c2** des oberen Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite **c1** des unteren Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des unteren Heizgeräts **20** ist also größer im oberen Teil des Heizgeräts als im unteren Teil, während der Widerstandswert im oberen Teil entsprechend niedriger ist als im unteren Teil und daher im oberen Teil eine kleinere Wärmemenge erzeugt wird als im unteren Teil.

**[0037]** Wie also [Fig. 8](#) gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, wird der Bereich der Temperaturverteilung, wenn Strom in einem vorgegebenen Verhältnis (zwischen ca. 1 und 3 in der Figur) an das untere Heizgerät **20** und das obere Heizgerät **10** angelegt wird, am Boden des Quarztiegels **3** größer als beim Stand der Technik. Durch Einstellen des elektrischen Leistungsverhältnisses wird also der Bereich der Temperaturverteilung an den jeweiligen Stellen in der vertikalen Richtung des Quarztiegels **3**, d. h. in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums **6**, zunehmend größer, und der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** wird stärker erweitert.

**[0038]** Wie [Fig. 9\(a\)](#) zeigt, ist der Regelbereich **B1–B2** der Sauerstoffkonzentration des Einkristall-Siliziums **6** bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung groß, so dass die Länge eines Kristallabschnitts mit konstantem Durchmesser, die der Norm **E** der Sauerstoffkonzentration entspricht, vergrößert wird. Der Ertrag an Einkristall-Silizium **6** wird also durch Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung wie in [Fig. 9\(b\)](#) gezeigt gesteigert.

**[0039]** Die Anwendung der Heizgeräte nach der vor-

liegenden Erfindung in der Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Silizium verbessert also den Ertrag an aufgezogenem Einkristall-Silizium **6**.

**[0040]** Für das obere Heizgerät **10** nach der ersten Erfindung allein und für das untere Heizgerät **20** nach der zweiten Erfindung allein wird der Widerstandswert so eingestellt, dass der obere Teil des Heizgeräts eine andere Wärmemenge erzeugt als der untere Teil. Wie zum Beispiel **Fig. 5** nach der ersten Erfindung zeigt, wird beim oberen Heizgerät **10** der Widerstandswert der beiden Teile so eingestellt, dass der untere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere Teil, und beim unteren Heizgerät **20** wird der Widerstandswert, wie **Fig. 4** zeigt, so eingestellt, dass der untere und der obere Teil des Heizgeräts die gleiche Wärmemenge erzeugen.

**[0041]** Für das untere Heizgerät **20** nach der zweiten Erfindung allein wird der Widerstandswert der jeweiligen Teile des Heizgeräts so eingestellt, dass der obere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere Teil, und beim oberen Heizgerät **10** wird der Widerstandswert, wie **Fig. 4** zeigt, so eingestellt, dass der obere Teil und der untere Teil des Heizgeräts die gleiche Wärmemenge erzeugen.

**[0042]** Die von den jeweiligen Teilen des Heizgeräts erzeugte Wärmemenge wird durch Einstellen der stromführenden Querschnittflächen des Heizgeräts (vierte und fünfte Erfindung) geregelt.

**[0043]** Wie **Fig. 2** nach der sechsten Erfindung zeigt, ist das obere Heizgerät so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts entsprechende Stelle, und das untere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts entsprechende Stelle.

**[0044]** Auf diese Weise kann die im mittleren Bereich der Heizgeräte **10, 20** im Ganzen erzeugte Wärmemenge im Vergleich mit der von den oberen Bereichen der Heizgeräte **10, 20** im Ganzen erzeugten Wärmemenge und mit der von den unteren Bereichen der Heizgeräte **10, 20** im Ganzen erzeugten Wärmemenge verringert werden.

**[0045]** Erfindungen sieben bis zwölf betreffen ein Herstellungsverfahren für einen Einkristall-Halbleiter unter Anwendung der Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach Erfindungen eins bis sechs.

## KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0046]** **Fig. 1** ist eine seitliche Schnittdarstellung des Aufbaus einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter, bei der die Heizgeräte nach einer Ausführungsform der Erfindung zur Anwendung kommen.

**[0047]** **Fig. 2** ist eine Schnittdarstellung des Aufbaus eines Heizgeräts gemäß Beispiel 1.

**[0048]** **Fig. 3** ist eine seitliche Schnittdarstellung des Aufbaus einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter, bei der ein konventionelles Heizgerät zur Anwendung kommt.

**[0049]** **Fig. 4** ist eine Schnittdarstellung des Aufbaus von Heizgeräten nach einem Bezugsbeispiel.

**[0050]** **Fig. 5** ist eine Schnittdarstellung des Aufbaus von Heizgeräten gemäß Beispiel 2.

**[0051]** **Fig. 6** ist eine Schnittdarstellung des Aufbaus von Heizgeräten gemäß Beispiel 3.

**[0052]** **Fig. 7** ist eine Schnittdarstellung des Aufbaus von Heizgeräten gemäß Beispiel 4.

**[0053]** **Fig. 8** ist ein Schaubild zum Vergleich der Bereiche der Temperaturverteilung am Boden eines Quarztiegels bei Anwendung von Heizgeräten nach der vorliegenden Erfindung und bei Anwendung eines konventionellen Heizgeräts.

**[0054]** **Fig. 9(a)** ist ein Schaubild zur Veranschaulichung des Verhältnisses zwischen der Länge eines Kristallabschnitts mit konstantem Durchmesser und der Sauerstoffkonzentration eines Einkristall-Siliziums, und **Fig. 9(b)** ist ein Schaubild zur Veranschaulichung der Ertragslänge in der Wachstumsrichtung eines Einkristall-Siliziums gemäß **Fig. 9(a)**.

## BESTE VERFAHRENSWEISE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

**[0055]** Ausführungsformen einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach der vorliegenden Erfindung und eines hierfür verwendeten Heizgeräts werden im Folgenden anhand der Figuren beschrieben.

**[0056]** **Fig. 1(a)** ist eine Schnittdarstellung einer Seite des Aufbaus einer Einkristall-Ziehvorrichtung **1** nach einer Ausführungsform der Erfindung. In die Einkristall-Ziehvorrichtung **1** sind Heizgeräte nach dieser Ausführungsform eingebaut.

**[0057]** Wie **Fig. 1** zeigt, weist die Einkristall-Ziehvorrichtung **1** nach der Ausführungsform einen Tiegelziehenhofen (eine Kammer) **2** als Gefäß zum Einkris-

tall-Ziehen auf.

**[0058]** Im Tiegelziehofen **2** ist ein Quarztiegel **3** angeordnet, in dem ein Material für polykristallines Silizium geschmolzen wird und als Schmelze **5** enthalten ist. Der Quarztiegel **3** ist außen von einem Graphittiegel **7** umhüllt. Ein oberes Heizgerät **10** und ein unteres Heizgerät **20** umgeben die Tiegel **3**, **7** zum Erwärmen und Schmelzen des polykristallinen Siliziums im Quarztiegel **3**. Das obere Heizgerät **10** und das untere Heizgerät **20** sind vertikal an oberen und unteren Stellen entlang der Seitenfläche des Quarztiegels **3** angeordnet.

**[0059]** [Fig. 1\(b\)](#) ist eine schematische Draufsicht auf das obere Heizgerät **10** und das untere Heizgerät **20**, wobei das obere Heizgerät **10** und das untere Heizgerät **20** kreisförmig rund um den Außenumfang des Quarztiegels **3** angeordnet sind.

**[0060]** Unter dem unteren Heizgerät **20** und unter dem Boden der Tiegel **3**, **7** kann ein in [Fig. 1](#) nicht gezeigtes ringförmiges Bodenheizgerät vorgesehen sein.

**[0061]** [Fig. 2](#) ist eine Schnittdarstellung (A-A) des oberen und unteren Heizgeräts **10**, **20** entlang Schnittlinie A-A aus [Fig. 1\(b\)](#) und zeigt den Aufbau der Heizgeräte gemäß Beispiel 1.

**[0062]** Das obere Heizgerät **10** und das untere Heizgerät **20** werden separat mit Strom versorgt und sind als Leiter konfiguriert, die bei Anlegen von Strom Wärme erzeugen. In anderen Worten: für die Heizgeräte **10**, **20** sind separate Stromquellen vorgesehen, sowie positive Elektroden **11**, **21** und negative Elektroden (Masse) **12**, **22** für die Heizgeräte **10**, **20**. Die an die Heizgeräte **10**, **20** angelegten Spannungen werden zum separaten Regeln der erzeugten Wärmemengen zum Beheizen des Quarztiegels **3** separat eingestellt.

**[0063]** Bei Anlegen einer Spannung aus der Stromquelle für das obere Heizgerät **10** zwischen der positiven Elektrode **11** und der negativen Elektrode **12** des Heizgeräts **10** fließt ein Strom zur Erzeugung von Wärme zum oberen Heizgerät **10**. Die Spannung der Stromquelle für das obere Heizgerät **10** wird zum Einstellen der vom oberen Heizgerät **10** erzeugten Wärmemenge und zum Regeln der Heizung der Oberseite des Quarztiegels **3** variiert.

**[0064]** Bei Anlegen einer Spannung aus der Stromquelle für das untere Heizgerät **20** zwischen der positiven Elektrode **21** und der negativen Elektrode **22** des Heizgeräts **20** fließt ein Strom zur Erzeugung von Wärme zum unteren Heizgerät **20**. Die Spannung der Stromquelle für das untere Heizgerät **20** wird zum Einstellen der vom unteren Heizgerät **20** erzeugten Wärmemenge und zum Regeln der Heizung der Un-

terseite des Quarztiegels **3** variiert.

**[0065]** Das obere Heizgerät **10** und das untere Heizgerät **20** können zum Beispiel aus Graphit (Kohlenstoff) bestehen. Auch andere Werkstoffe können für die Heizgeräte **10**, **20** verwendet werden, solange sie leitfähig sind, bei Anlegen von Strom Wärme erzeugen und keine Verschmutzungsquelle bilden. Ein geeignetes Beispiel ist ein C/C-Verbundstoff (kohlefaserverstärkter Kohlenstoff-Verbundmaterial).

**[0066]** Zwischen den oberen und unteren Heizgeräten **10**, **20** und der Innenwand des Tiegelziehofens **2** ist ein Wärmehaltungsrohr **8b** aus einem wärmedämmenden Material vorgesehen.

**[0067]** Oberhalb des Quarztiegels **3** ist ein Ziehmechanismus **4** vorgesehen. Der Ziehmechanismus **4** weist eine Ziehwellen **4a** und einen Keimkristall **4b** auf.

**[0068]** Nach der Stabilisierung des Schmelzvorgangs im Quarztiegel **3** wird die Ziehwellen **4a** zum Eintauchen des Keimkristalls **4b** in die Schmelze **5** vertikal verstellt, und ein Einkristall-Ingots **6** wird im Tiegelziehverfahren aus der Schmelze **5** aufgezogen. Dabei wird der Quarztiegel **3** von einer Drehwelle **9** gedreht. Im Boden des Tiegelziehofens **2** ist eine Wellenbohrung **49** zum Einschleiben der Welle **9** vorgesehen.

**[0069]** Das Innere des Tiegelziehofens **2** wird zur Erhaltung eines Vakuums (z. B. ca. 20 Torr) gegen die Außenluft abgeschirmt. Als Inertgas wird Argon in den Tiegelziehofen **2** geleitet und durch eine Öffnung des Tiegelziehofens **2** heraus gepumpt. Das Innere des Ofens **2** bleibt also auf einem vorgegebenen Druck.

**[0070]** Beim Ziehen des Einkristalls (im Chargenbetrieb) entstehen im Tiegelziehofen verschiedenartige verdampfte Stoffe. Der Tiegelziehofen **2** wird daher gereinigt, indem Argongas in den Tiegelziehofen **2** geleitet und zusammen mit den verdampften Stoffen aus dem Tiegelziehofen **2** abgesaugt wird, um die verdampften Stoffe aus dem Inneren des Tiegelziehofens **2** zu entfernen. Für jeden Schritt der Charge wird ein Zufluss des Argongases bestimmt.

**[0071]** Über dem Quarztiegel **3** und um den Einkristall-Silizium **6** ist eine Wärmeabschirmplatte **8a** (ein Gasrektifikationsrohr) vorgesehen. Die Wärmeabschirmplatte **8a** wird vom Wärmehaltungsrohr **8b** getragen. Die Wärmeabschirmplatte **8a** führt das Argongas, das als Trägergas von oben in den Tiegelziehofen **2** geleitet wird, mittig zur Oberfläche **5a** der Schmelze, lässt es über die Oberfläche **5a** der Schmelze strömen und führt es zum Umfangsabschnitt der Oberfläche **5a**. Das Argongas **7** wird zusammen mit dem aus der Schmelze **5** verdampften Gas durch einen Auslass unten im Tiegelziehofen **2**

abgelassen. Der verdampfte Sauerstoff aus der Schmelze **5** kann also in einem stabilen Zustand bleiben, und die Gasflussrate auf die Oberfläche der Schmelze kann stabilisiert werden.

**[0072]** Die Wärmeabschirmplatte **8a** isoliert und schützt das Einkristall-Silizium **6** gegen von Wärmequellen wie zum Beispiel dem Quarztiegel **3**, der Schmelze **5** und den Heizgeräten **10**, **20** abgestrahlte Wärme. Außerdem verhindert die Wärmeabschirmplatte **8a** das Anhaften von Verunreinigungen (z. B. Siliziumoxid) und ähnlichen im Ofen entstehenden Stoffen am Einkristall-Silizium **6**, was das Wachstum des Einkristalls behindern würde. Der Spalt zwischen dem unteren Ende der Wärmeabschirmplatte **8a** und der Oberfläche **5a** der Schmelze kann durch vertikales Verstellen der Drehwelle **9** eingestellt werden, wodurch die Höhenlage des Tiegels **3** geändert wird.

**[0073]** Durch Ändern der Höhenlage des Quarztiegels **3** wird auch die relative Höhenlage des Tiegels **3** im Verhältnis zu den oberen und unteren Heizgeräten **10**, **20** geändert.

**[0074]** **Fig. 4** zeigt den Aufbau von Heizgeräten nach einem Bezugsbeispiel. Die Heizgeräte des Beispiels 1 aus **Fig. 2** und das in **Fig. 4** gezeigte Bezugsbeispiel werden im Folgenden miteinander verglichen.

**[0075]** Bei dem in **Fig. 4** gezeigten Bezugsbeispiel sind die Breite  $c$  und die Dicke  $d$  des Stromdurchgangs des oberen Heizgeräts **10** bei allen seinen Teilen gleich, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt die selbe Wärmemenge wie der untere. Die Breite  $c$  und die Dicke  $d$  des Stromdurchgangs des unteren Heizgeräts **20** sind ebenfalls bei allen Teilen gleich, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt die selbe Wärmemenge wie der untere.

**[0076]** Beim Beispiel 1 aus **Fig. 2** ist das obere Heizgerät **10** hingegen so konfiguriert, dass die Breite  $c_2$  des Stromdurchgangs des unteren Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des oberen Teils. Das obere Heizgerät **10** hat also eine stromführende Querschnittfläche, die im unteren Teil des Heizgeräts größer ist als im oberen Teil, so dass der Widerstandswert im unteren Teil entsprechend kleiner ist als im oberen Teil und der untere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere Teil.

**[0077]** Das untere Heizgerät **20** ist so konfiguriert, dass die Breite  $c_2$  des Stromdurchgangs des oberen Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des unteren Teils. Das untere Heizgerät **20** hat also eine stromführende Querschnittfläche, die im oberen Teil des Heizgeräts größer ist als im unteren Teil, so dass der Widerstandswert im oberen Teil entsprechend kleiner ist als im unteren Teil und der obere Teil des

Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere Teil.

**[0078]** Das obere Heizgerät **10** des Beispiels 1 aus **Fig. 2** ist so konfiguriert, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts **20** des in **Fig. 4** gezeigten Bezugsbeispiels entsprechende Stelle, und das untere Heizgerät **20** des Beispiels 1 aus **Fig. 2** ist so konfiguriert, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts **10** des in **Fig. 4** gezeigten Bezugsbeispiels entsprechende Stelle. Wenn wir also die Heizgeräte **10**, **20** des in **Fig. 4** gezeigten Beispiel 1 im Ganzen betrachten, ist die vom mittleren Bereich der Heizgeräte **10**, **20** im Ganzen erzeugte Wärmemenge klein im Verhältnis zu der vom oberen Bereich der Heizgeräte **10**, **20** im Ganzen und vom unteren Bereich der Heizgeräte **10**, **20** im Ganzen erzeugten Wärmemenge.

**[0079]** Die Höhe  $X$  des hauptsächlichen Wärmeerzeugungsabschnitts des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20** beträgt vorzugsweise das 1/2,5-fache oder weniger im Verhältnis zur Höhe  $Y$  des ganzen Heizgeräts.

**[0080]** Beim oberen Heizgerät **10** beträgt das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des unteren und des oberen Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der untere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere. Auf ähnliche Weise beträgt beim unteren Heizgerät **20** das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des oberen und des unteren Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der obere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere. Das Verhältnis zwischen der Breite  $c_1$  und der Breite  $c_2$  des Heizgeräts entspricht vorzugsweise der Beziehung  $c_2 \geq 1,5 \times c_1$ .

**[0081]** Bei der Konfiguration der Heizgeräte des in **Fig. 2** gezeigten Beispiels 1 ist die Anzahl der Schlitze unbegrenzt und kann dem gewünschten Widerstandswert des Heizgeräts entsprechend bestimmt werden.

**[0082]** So soll zum Beispiel ein Abstand (Schlitzbreite  $a$ ) des Stromdurchgangs des Heizgeräts ca. 5 bis 30 mm betragen, und ein Abstand  $b$  zwischen dem oberen Heizgerät **10** und dem unteren Heizgerät **20** ca. 10 bis 30 mm. Bei zunehmenden Abständen  $a$ ,  $b$  entweicht eine große Wärmemenge durch den Spalt, und die vorliegende Erfindung verliert weitgehend ihre Wirkung. Wenn die Abstände  $a$ ,  $b$  andererseits verringert werden, nimmt die Möglichkeit der elektrischen Entladung zu, und der Prozess wird ggf. nicht eingeleitet.

**[0083]** [Fig. 8](#) ist ein Schaubild zum Vergleich der Bereiche der Temperaturverteilung am Boden eines Quarztiegels bei Anwendung von Heizgeräten nach der vorliegenden Erfindung und bei Anwendung von konventionellen Heizgeräten.

**[0084]** Bei den Heizgeräten nach der vorliegenden Erfindung handelt es sich in [Fig. 8](#) um die oberen und unteren Heizgeräte **10**, **20** aus [Fig. 2](#), und die konventionellen Heizgeräte sind die oberen und unteren Heizgeräte **10**, **20** aus [Fig. 4](#).

**[0085]** In der Figur bezeichnet die waagerechte Achse ein elektrisches Leistungsverhältnis (ca. 1 bis 3 in der Figur), das sich aus der Division der Leistungsabgabe des unteren Heizgeräts durch die Leistungsabgabe des oberen Heizgeräts ergibt und anzeigt, dass bei höherem Leistungsverhältnis die Leistungsabgabe des unteren Heizgeräts **20** im Verhältnis zum oberen zunimmt. Die senkrechte Achse bezeichnet die Temperaturen des mittleren Teils des Bodens des Quarztiegels **3** mit beliebigen Werten. Bei einem elektrischen Leistungsverhältnis zwischen 1 und 3 werden auch der Bereich H1 der Temperaturverteilung nach der vorliegenden Erfindung und der Bereich H2 der Temperaturverteilung eines konventionellen Heizgeräts gezeigt.

**[0086]** Wie [Fig. 8](#) zeigt, ist der Bereich der Temperaturverteilung am Boden des Quarztiegels **3** nach der vorliegenden Erfindung größer als bei der konventionellen Anordnung. Durch Einstellen des elektrischen Leistungsverhältnisses kann also der Bereich der Temperaturverteilung an den einzelnen Stellen in der vertikalen Richtung des Quarztiegels **3**, d. h. an den einzelnen Stellen in der Wachstumsrichtung des Einkristall-Siliziums **6**, im Vergleich mit dem Bezugsbeispiel erweitert werden, und der Regelbereich der Sauerstoffkonzentration des Einkristall-Siliziums **6** wird größer.

**[0087]** [Fig. 9\(a\)](#) ist ein Schaubild zur Veranschaulichung des Regelbereichs der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6**, und [Fig. 9\(b\)](#) zeigt den Ertragsbereich an Einkristall-Silizium **6** (Ingot) in der Wachstumsrichtung gemäß [Fig. 9\(a\)](#). Die waagerechte Achse in [Fig. 9\(a\)](#) bezeichnet die Länge (%) eines Kristallabschnitts mit konstantem Durchmesser, die senkrechte Achse die Sauerstoffkonzentration (beliebiger Wert) des Einkristall-Siliziums **6**.

**[0088]** In [Fig. 9\(a\)](#) wird die Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte des Bezugsbeispiels durch eine gestrichelte Linie angedeutet, und die Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) durch eine durchgezogene Linie.

**[0089]** Wie [Fig. 9\(a\)](#) zeigt, ist bei Anwendung der

Heizgeräte des Bezugsbeispiels der obere Grenzwert der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** A1 und der untere A2. Der Abstand zwischen dem oberen Grenzwert A1 und dem unteren Grenzwert A2 bezeichnet den Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte des Bezugsbeispiels.

**[0090]** Bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) ist der obere Grenzwert der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** andererseits B1 und der untere B2. Der Abstand zwischen dem oberen Grenzwert B1 und dem unteren Grenzwert B2 bezeichnet den Regelbereich der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1).

**[0091]** Es zeigt sich, dass bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) der Regelbereich B1–B2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** größer ist als der Regelbereich A1–A2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte des Bezugsbeispiels.

**[0092]** In [Fig. 9\(a\)](#) bezeichnet E eine Norm der Sauerstoffkonzentration. Die Übereinstimmung der Sauerstoffkonzentration mit der Norm E ist eine Voraussetzung für den Ertrag an Einkristall-Silizium **6**.

**[0093]** Bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) ist der Regelbereich B1–B2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** so groß, dass die der Norm E für die Sauerstoffkonzentration entsprechende Länge des Kristallabschnitts mit konstantem Durchmesser im Verhältnis zur Anwendung der Heizgeräte des Bezugsbeispiels zunimmt. Der Ertragsbereich an Einkristall-Silizium **6** wird also, wie [Fig. 9\(b\)](#) zeigt, bei Anwendung der Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) größer als der Ertragsbereich an Einkristall-Silizium **6** bei Anwendung der Heizgeräte des Bezugsbeispiels.

**[0094]** Wenn also die Heizgeräte nach der vorliegenden Erfindung (Beispiel 1) in der Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Silizium zur Anwendung kommen, wird der Ertrag an zu ziehendem Einkristall-Silizium **6** gesteigert.

**[0095]** Der oben beschriebene Aufbau der Heizgeräte des in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiels 1 ist nur als Beispiel zu verstehen, und die in [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigten Heizgeräte können ebenfalls zur Anwendung kommen.

**[0096]** [Fig. 5](#) zeigt den Aufbau von Heizgeräten gemäß Beispiel 2.

**[0097]** Die Heizgeräte des Beispiels 2 sind ähnlich konfiguriert wie die des Beispiels 1 aus [Fig. 2](#), abgesehen davon, dass die untere Endposition des oberen Heizgeräts **10** und die obere Endposition des unteren Heizgeräts **20** gleich angeordnet sind wie die untere Endposition des oberen Heizgeräts **10** und die obere Endposition des unteren Heizgeräts **20** des in [Fig. 4](#) gezeigten Bezugsbeispiels.

**[0098]** Die Stromdurchgangsbreite des oberen Heizgeräts **10** wird nämlich so bestimmt, dass die Breite  $c_2$  des unteren Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des oberen Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des oberen Heizgeräts **10** ist also in dessen unterem Teil größer als in dessen oberem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im unteren Teil des Heizgeräts als im oberen Teil, und der untere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der obere Teil.

**[0099]** Die Stromdurchgangsbreite des unteren Heizgeräts **20** wird hingegen so bestimmt, dass die Breite  $c_2$  des oberen Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des unteren Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des unteren Heizgeräts **20** ist also in dessen oberem Teil größer als in dessen unterem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im oberen Teil des Heizgeräts als im unteren Teil, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der untere Teil.

**[0100]** Die Höhe  $X$  des hauptsächlichen Wärmeerzeugungsabschnitts des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20** beträgt vorzugsweise das 1/2,5-fache oder weniger im Verhältnis zur Höhe  $Y$  des ganzen Heizgeräts.

**[0101]** Beim oberen Heizgerät **10** beträgt das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des unteren und des oberen Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der untere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere. Auf ähnliche Weise beträgt beim unteren Heizgerät **20** das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des oberen und des unteren Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der obere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere. Das Verhältnis zwischen der Breite  $c_1$  und der Breite  $c_2$  des Heizgeräts entspricht vorzugsweise der Beziehung  $c_2 \geq 1,5 \times c_1$ .

**[0102]** Bei Anwendung der Heizgeräte des Beispiels 2 und bei einem ähnlichen elektrischen Leistungsverhältnis wie im Fall der Heizgeräte des Beispiels 1 aus [Fig. 8](#) wird der Bereich der Temperaturverteilung am Boden des Quarztiegels **3** größer als bei der konventionellen Anordnung. Wie bei den Heizgeräten des Beispiels 1 wird also der Bereich B1–B2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** vergrößert ([Fig. 9\(a\)](#)). Dadurch wird der Er-

trag an Einkristall-Silizium **6** verbessert ([Fig. 9\(b\)](#)).

**[0103]** [Fig. 6](#) zeigt den Aufbau von Heizgeräten gemäß Beispiel 3.

**[0104]** Wie bei den oben beschriebenen Heizgeräten des Beispiels 2 aus [Fig. 5](#) sind bei den Heizgeräten des Beispiels 3 die untere Endposition des oberen Heizgeräts **10** und die obere Endposition des unteren Heizgeräts **20** gleich angeordnet wie die untere Endposition des oberen Heizgeräts **10** und die obere Endposition des unteren Heizgeräts **20** des in [Fig. 4](#) gezeigten Bezugsbeispiels.

**[0105]** Zum Unterschied von den Heizgeräten des Beispiels 2 aus [Fig. 5](#) wird jedoch die erzeugte Wärmemenge nicht durch Ändern der Stromdurchgangsbreite  $c$ , sondern durch Ändern der Stromdurchgangsdicke  $d$  eingestellt.

**[0106]** Die Stromdurchgangsdicke des oberen Heizgeräts **10** wird nämlich so bestimmt, dass die Dicke  $d_2$  des unteren Teils des Heizgeräts größer ist als die Dicke  $d_1$  des oberen Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des oberen Heizgeräts **10** ist also in dessen unterem Teil größer als in dessen oberem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im unteren Teil des Heizgeräts als im oberen Teil, und der untere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der obere Teil.

**[0107]** Die Stromdurchgangsdicke des unteren Heizgeräts **20** wird hingegen so bestimmt, dass die Dicke  $d_2$  des oberen Teils des Heizgeräts größer ist als die Dicke  $d_1$  des unteren Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des unteren Heizgeräts **20** ist also in dessen oberem Teil größer als in dessen unterem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im oberen Teil des Heizgeräts als im unteren Teil, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der untere Teil.

**[0108]** Die Höhe  $X$  des hauptsächlichen Wärmeerzeugungsabschnitts des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20** beträgt vorzugsweise das 1/2,5-fache oder weniger im Verhältnis zur Höhe  $Y$  des ganzen Heizgeräts.

**[0109]** Beim oberen Heizgerät **10** beträgt das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des unteren und des oberen Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der untere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere. Auf ähnliche Weise beträgt beim unteren Heizgerät **20** das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des oberen und des unteren Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der obere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere. Das Verhältnis zwischen der Breite  $c_1$  und der Breite  $c_2$  des Heizgeräts ent-

spricht vorzugsweise der Beziehung  $d_2 \geq 1,5 \times d_1$ .

**[0110]** Bei Anwendung der Heizgeräte des Beispiels 3 und bei einem ähnlichen elektrischen Leistungsverhältnis wie im Fall der Heizgeräte des Beispiels 1 aus [Fig. 8](#) wird der Bereich der Temperaturverteilung am Boden des Quarztiegels **3** größer als bei der konventionellen Anordnung. Wie bei den Heizgeräten des Beispiels 1 wird also der Bereich B1–B2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** vergrößert ([Fig. 9\(a\)](#)). Dadurch wird der Ertrag an Einkristall-Silizium **6** verbessert ([Fig. 9\(b\)](#)).

**[0111]** [Fig. 7](#) zeigt den Aufbau von Heizgeräten gemäß Beispiel 4.

**[0112]** Die Heizgeräte des Beispiels 4 unterscheiden sich von Beispiel 1, 2 und 3 und bestehen nicht aus zwei vertikal angeordneten Heizgeräten, sondern aus drei vertikal angeordneten Heizgeräten.

**[0113]** Ein oberes Heizgerät **10**, ein mittleres Heizgerät **30** und ein unteres Heizgerät **20** sind an mehreren Stellen am Quarztiegel **3** der Reihe nach übereinander angeordnet.

**[0114]** Die Stromdurchgangsbreite des oberen Heizgeräts **10** wird so bestimmt, dass die Breite  $c_2$  des unteren Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des oberen Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des oberen Heizgeräts **10** ist also in dessen unterem Teil größer als in dessen oberem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im unteren Teil des Heizgeräts als im oberen Teil, und der untere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der obere Teil.

**[0115]** Die Stromdurchgangsbreite des unteren Heizgeräts **20** wird so bestimmt, dass die Breite  $c_2$  des oberen Teils des Heizgeräts größer ist als die Breite  $c_1$  des unteren Teils. Die stromführende Querschnittsfläche des unteren Heizgeräts **20** ist also in dessen oberem Teil größer als in dessen unterem Teil, der Widerstandswert ist entsprechend niedriger im oberen Teil des Heizgeräts als im unteren Teil, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der untere Teil.

**[0116]** Die Stromdurchgangsbreite des mittleren Heizgeräts **30** wird hingegen so bestimmt, dass die Breite  $c_2$  der einzelnen Teile des Heizgeräts gleich ist. Die Stromdurchgangsbreite des mittleren Heizgeräts **30** ist gleich der maximalen Breite ( $c_2$ ) der Stromdurchgänge des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20**, so dass das mittlere Heizgerät **30** eine Wärmemenge erzeugt, die kleiner ist als die des oberen Teils des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Teils des unteren Heizgeräts **20**, aber die Breite kann zur Verringerung der erzeugten Wärmemenge noch weiter vergrößert werden.

**[0117]** Zusätzlich zur Einstellung der stromführenden Querschnittsfläche der Heizgeräte ist auch zu empfehlen, dass das mittlere Heizgerät **30** höchstens 33% des an alle drei Heizgeräte gehenden Gesamtstroms erhalten soll. Der obere Teil des oberen Heizgeräts **10** und der untere Teil des unteren Heizgeräts **20** können auf diese Weise eine Wärmemenge erzeugen, die relativ größer ist als die vom jeweiligen anderen Teil erzeugte.

**[0118]** Die Höhe X des hauptsächlichen Wärmeerzeugungsabschnitts des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20** beträgt vorzugsweise das 1/2,5-fache oder weniger im Verhältnis zur Höhe Y des ganzen Heizgeräts.

**[0119]** Beim oberen Heizgerät **10** beträgt das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des unteren und des oberen Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der untere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere. Auf ähnliche Weise beträgt beim unteren Heizgerät **20** das Verhältnis zwischen den stromführenden Querschnittsflächen des oberen und des unteren Teils vorzugsweise 1,5 oder mehr, so dass der obere Teil des Heizgeräts eine kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere. Das Verhältnis zwischen der Breite  $c_1$  und der Breite  $c_2$  des Heizgeräts entspricht vorzugsweise der Beziehung  $c_2 \geq 1,5 \times c_1$ .

**[0120]** Bei dem in [Fig. 7](#) gezeigten Beispiel 4 wird die Breite  $c$  der Stromdurchgänge der einzelnen Teile der Heizgeräte zur Einstellung der von diesen erzeugten Wärmemenge geändert, aber wie bei [Fig. 6](#) wird auch die Dicke  $d$  der Stromdurchgänge der einzelnen Teile der Heizgeräte zur Einstellung der von diesen erzeugten Wärmemenge geändert.

**[0121]** Bei Anwendung der Heizgeräte des Beispiels 4 und bei einem ähnlichen elektrischen Leistungsverhältnis wie im Fall der Heizgeräte des Beispiels 1 aus [Fig. 8](#) wird der Bereich der Temperaturverteilung am Boden des Quarztiegels **3** größer als bei der konventionellen Anordnung. Die Wärmeerzeugungsfächen des oberen Heizgeräts **10** und des unteren Heizgeräts **20** weisen also eine deutlich unterschiedliche Temperaturverteilung auf, und der Bereich B1–B2 der Sauerstoffkonzentration im Einkristall-Silizium **6** wird wie im Fall der Heizgeräte des Beispiels 1 vergrößert ([Fig. 9\(a\)](#)). Dadurch wird der Ertrag an Einkristall-Silizium **6** verbessert ([Fig. 9\(b\)](#)).

**[0122]** Bei dem oben beschriebenen Beispiel wird der Widerstandswert der jeweiligen Teile des oberen Heizgeräts **10** so eingestellt, dass der untere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere Teil, und der Widerstandswert der jeweiligen Teile des unteren Heizgeräts **20** wird so eingestellt, dass der obere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere

Teil. Nach der vorliegenden Erfindung kann der Widerstandswert jedoch auch so eingestellt werden, dass der obere Teil und der untere Teil nur beim oberen Heizgerät **10** oder nur beim unteren Heizgerät **20** unterschiedliche Wärmemengen erzeugen. Bei dem in [Fig. 5](#) gezeigten Beispiel 2 kann zum Beispiel der Widerstandswert der jeweiligen Teile nur beim oberen Heizgerät eingestellt werden (z. B. um einen Unterschied zwischen den Stromdurchgangsbreiten  $c_1$  und  $c_2$  herzustellen), so dass der untere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere Teil, während beim unteren Heizgerät **20** die erzeugte Wärmemenge (z. B. um die Stromdurchgangsbreite gleich zu machen) im unteren und im oberen Teil wie beim Bezugsbeispiel aus [Fig. 4](#) gleich sein kann.

**[0123]** Andererseits kann der Widerstandswert der jeweiligen Teile beim unteren Heizgerät **20** allein so eingestellt werden, dass der obere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere Teil, während beim oberen Heizgerät **10** die erzeugte Wärmemenge im oberen und im unteren Teil wie beim Bezugsbeispiel aus [Fig. 4](#) gleich sein kann.

**[0124]** Beispiel 4 weist drei vertikal angeordnete Heizgeräte auf, aber es können an den jeweiligen Stellen des Quarztiegels **3** auch vier oder mehr Stufen vertikal angeordnet sein. In diesem Fall werden beim obersten Heizgerät zum Beispiel die Widerstandswerte der jeweiligen Teile so eingestellt, dass der untere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der obere Teil, während beim untersten Heizgerät die Widerstandswerte der jeweiligen Teile so eingestellt werden, dass der obere Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt als der untere Teil. Die restlichen Heizgeräte können wie in Beispiel 4 eingestellt werden, weshalb sich ihre weitere Beschreibung erübrigt.

#### ANWENDBARKEIT IN DER INDUSTRIE

**[0125]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf Einkristall-Silizium beschränkt, sondern kann auch in einer Vorrichtung zur Herstellung eines zusammengesetzten Halbleiters wie zum Beispiel Galliumarsenid zur Anwendung kommen.

#### ZUSAMMENFASSUNG

**[0126]** Ein oberes Heizgerät **10** ist so ausgelegt, dass seine Stromdurchgangsbreite im unteren Teil des Heizgeräts größer ist als im oberen Teil. Die stromführende Querschnittsfläche des oberen Heizgeräts **10** ist also größer in dessen unterem Teil als in dessen oberem Teil, der Widerstandswert wird entsprechend im unteren Teil des Heizgeräts niedriger als im oberen Teil, und der untere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der

obere Teil. Ein unteres Heizgerät **20** ist hingegen so ausgelegt, dass seine Stromdurchgangsbreite im oberen Teil des Heizgeräts größer ist als im unteren Teil. Die stromführende Querschnittsfläche des unteren Heizgeräts **20** ist also größer in dessen oberem Teil als in dessen unterem Teil, der Widerstandswert wird entsprechend im oberen Teil des Heizgeräts niedriger als im unteren Teil, und der obere Teil des Heizgeräts erzeugt eine relativ kleinere Wärmemenge als der untere Teil.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	oberes Heizgerät
<b>20</b>	unteres Heizgerät
<b>30</b>	mittleres Heizgerät
<b>2</b>	Einkristall-Ziehgefäß
<b>3</b>	Quarztiegel
<b>4</b>	Ziehmechanismus
<b>4a</b>	Ziehwellen
<b>4b</b>	Keimkristall
<b>5</b>	Schmelze
<b>5a</b>	Oberfläche der Schmelze
<b>6</b>	Einkristall-Silizium
<b>7</b>	Graphittiegel
<b>8a</b>	Wärmeabschirmplatte
<b>8b</b>	Wärmehaltungsrohr
<b>9</b>	Drehwelle
<b>10</b>	oberes Heizgerät
<b>11</b>	positive Elektrode des Heizgeräts
<b>12</b>	Masselektrode des Heizgeräts
<b>20</b>	unteres Heizgerät
<b>21</b>	positive Elektrode des Heizgeräts
<b>22</b>	negative Elektrode des Heizgeräts
<b>49</b>	Wellenbohrung
<b>a, b</b>	Abstand
<b>C<sub>1</sub></b>	Breite des oberen Teils/unteren Teils
<b>C<sub>2</sub></b>	Breite des Stromdurchgangs

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 62-153191 A [0013]
- JP 2681115 [0013]
- JP 3000923 [0013]
- JP 2001-39792 A [0013]

**Patentansprüche**

1. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts.

2. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

3. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen;  
das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge er-

zeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts; und

das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

4. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 1, 2 und 3, wobei die Heizgeräte zwischen dem oberen Teil und dem unteren Teil unterschiedliche stromführende Querschnittflächen aufweisen.

5. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 4, wobei die stromführenden Querschnittflächen der Heizgeräte in Abhängigkeit von einer Stromdurchgangsbreite oder -dicke eingestellt werden.

6. Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 1, 2, 3, 4 und 5, wobei zwei Heizgeräte vorgesehen sind, die an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordnet sind; das obere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts entsprechende Stelle; und das untere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts entsprechende Stelle.

7. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts.

8. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeord-

nete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen; und  
 das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

len in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordnet sind; das obere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die niedriger liegt als die der oberen Endposition des unteren Heizgeräts entsprechende Stelle; und das untere Heizgerät ist so ausgelegt, dass sein Stromdurchgang zum Teil an einer Stelle erfolgt, die höher liegt als die der unteren Endposition des oberen Heizgeräts entsprechende Stelle.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

9. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter unter Anwendung einer Herstellungsvorrichtung für Einkristall-Halbleiter mit einer Kammer, die einen Tiegel, in dem Material für einen Einkristall-Halbleiter geschmolzen wird, sowie rund um den Tiegel angeordnete Heizgeräte zum Erwärmen des Materials im Tiegel und einen Ziehmechanismus beinhaltet, der einen Keimkristall in die Schmelze taucht und einen Einkristall aufzieht, wobei:

als Heizgeräte eine Vielzahl von an jeweiligen Stellen in einer vertikalen Richtung des Tiegels angeordneten Heizgeräten vorgesehen ist;  
 die einzelnen Heizgeräte separat mit Strom versorgt werden und als Leiter konfiguriert sind, die bei Anlegen eines Stroms Wärme erzeugen;  
 das in einem oberen Teil positionierte Heizgerät an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem unteren Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem oberen Teil des Heizgeräts; und

das in einem unteren Teil positionierte Heizgerät zur Herstellung eines Einkristall-Halbleiters an den jeweiligen Stellen einen so eingestellten Widerstandswert aufweist, daß in einem oberen Teil des Heizgeräts eine relativ kleinere Wärmemenge erzeugt wird als in einem unteren Teil des Heizgeräts.

10. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 7, 8 und 9, wobei die Heizgeräte zwischen dem oberen Teil und dem unteren Teil unterschiedliche stromführende Querschnittsflächen aufweisen.

11. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 10, wobei die stromführenden Querschnittsflächen der Heizgeräte in Abhängigkeit von einer Stromdurchgangsbreite oder -dicke eingestellt werden.

12. Herstellungsverfahren für Einkristall-Halbleiter nach Anspruch 7, 8, 9, 10 und 11, wobei zwei Heizgeräte vorgesehen sind, die an jeweiligen Stellen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1(a)

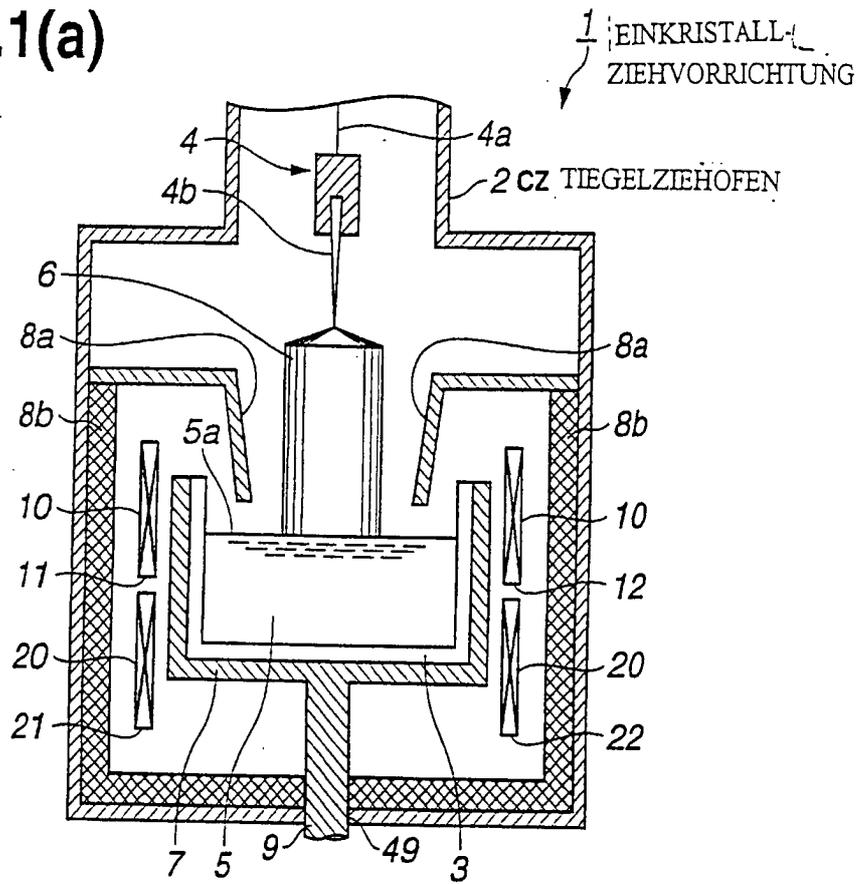
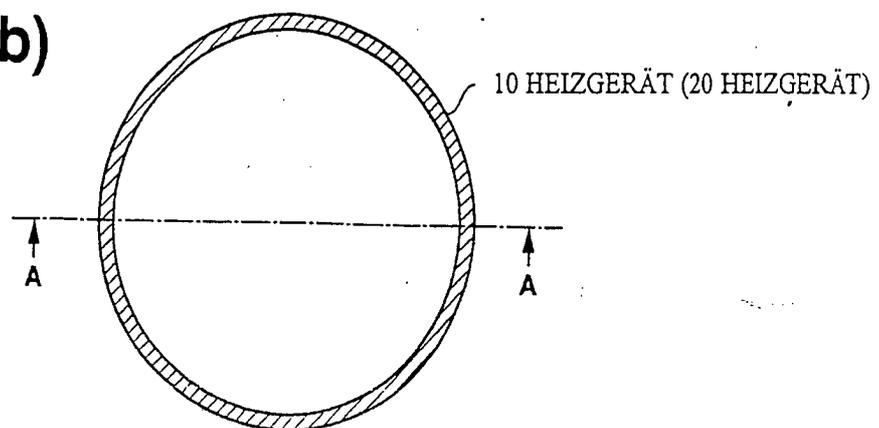


FIG.1(b)



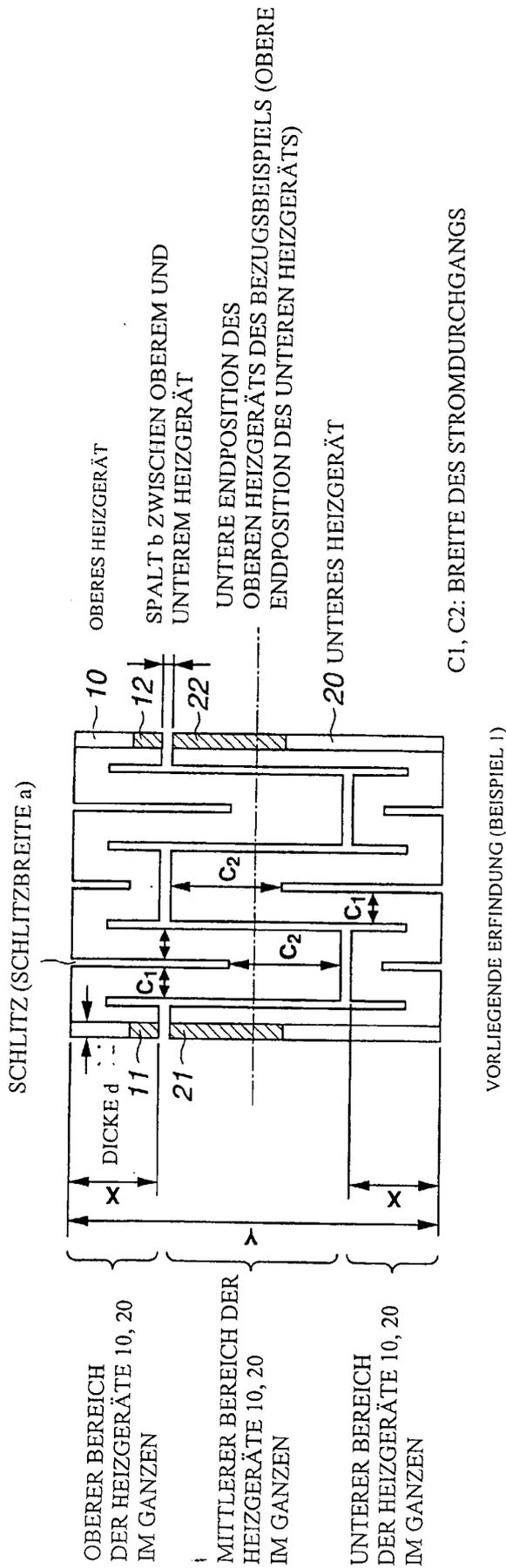
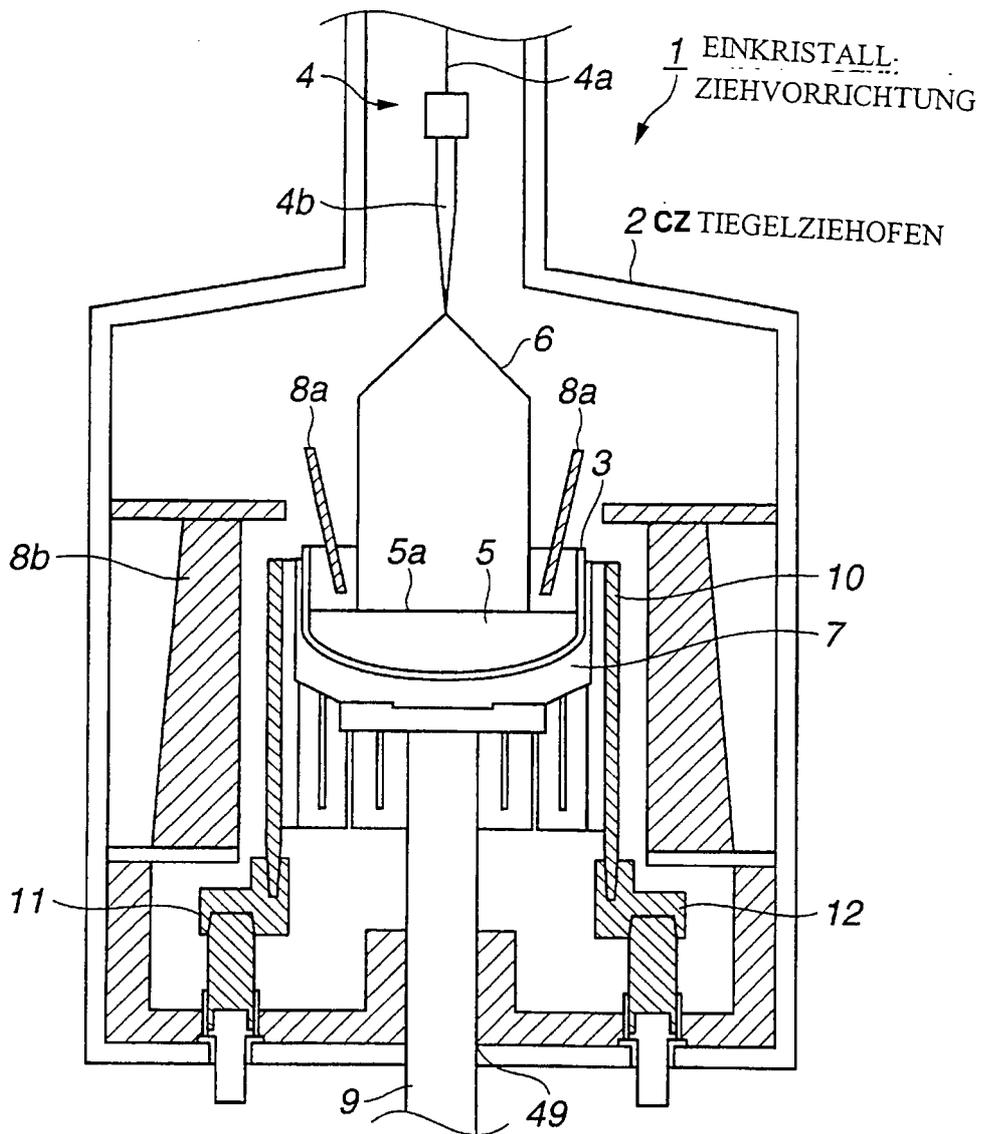
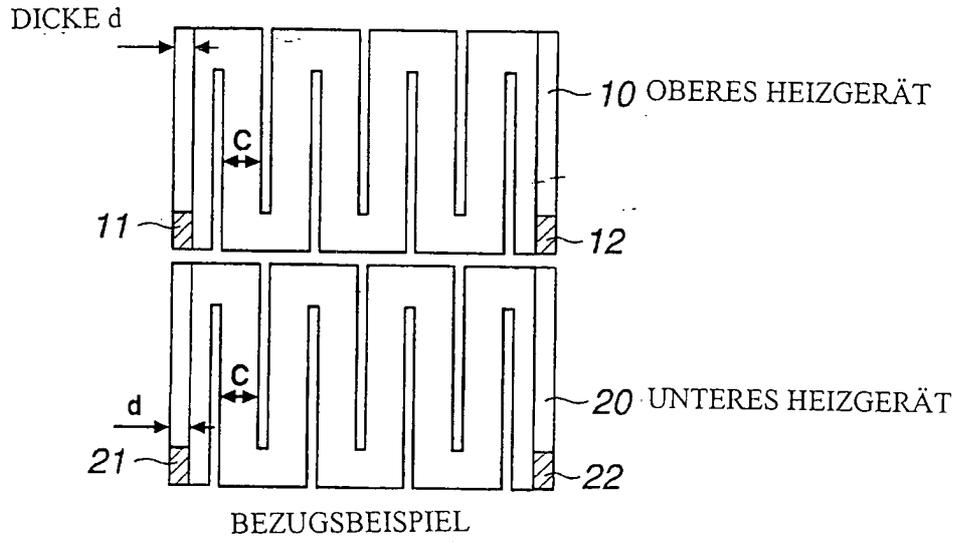


FIG.2



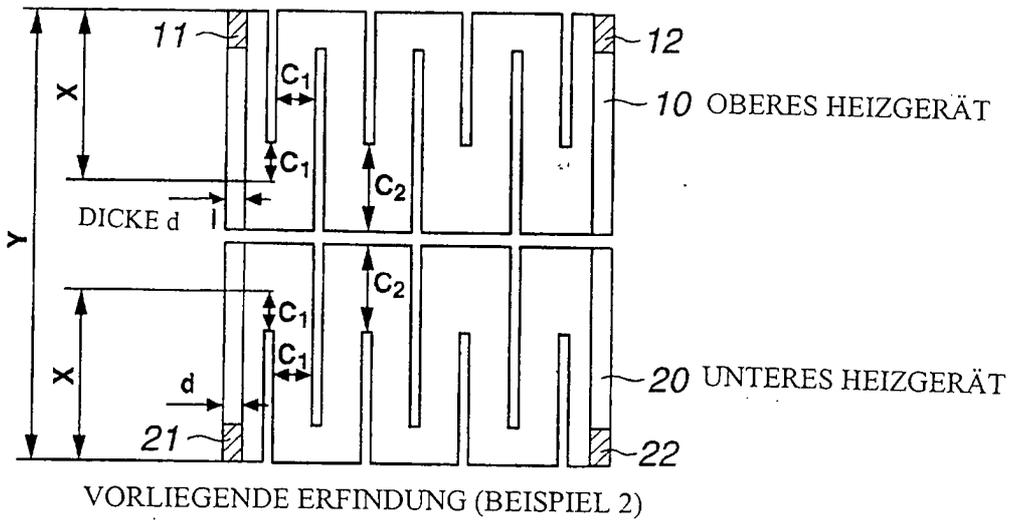
**FIG.3**

(STAND DER TECHNIK)



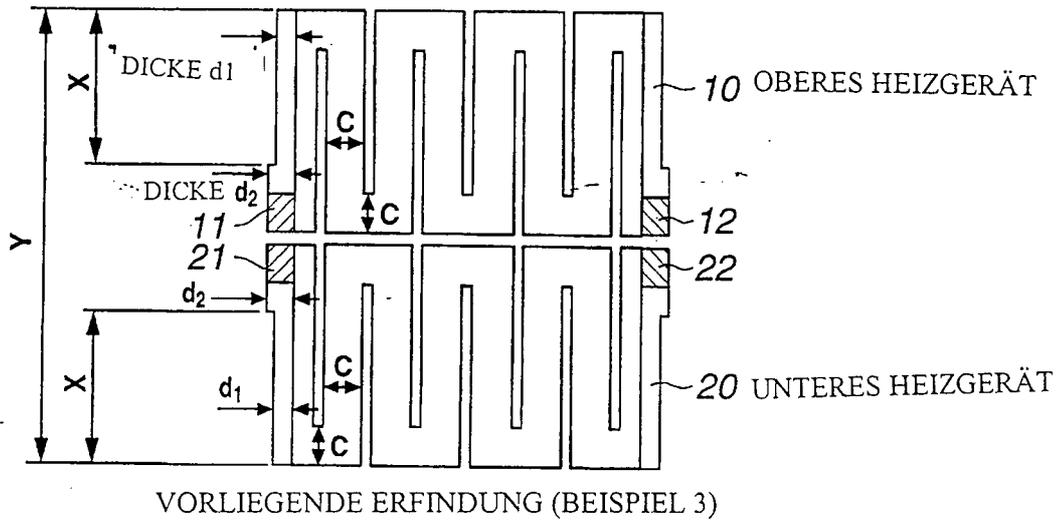
$C$ : BREITE DES STROMDURCHGANGS

**FIG. 4**



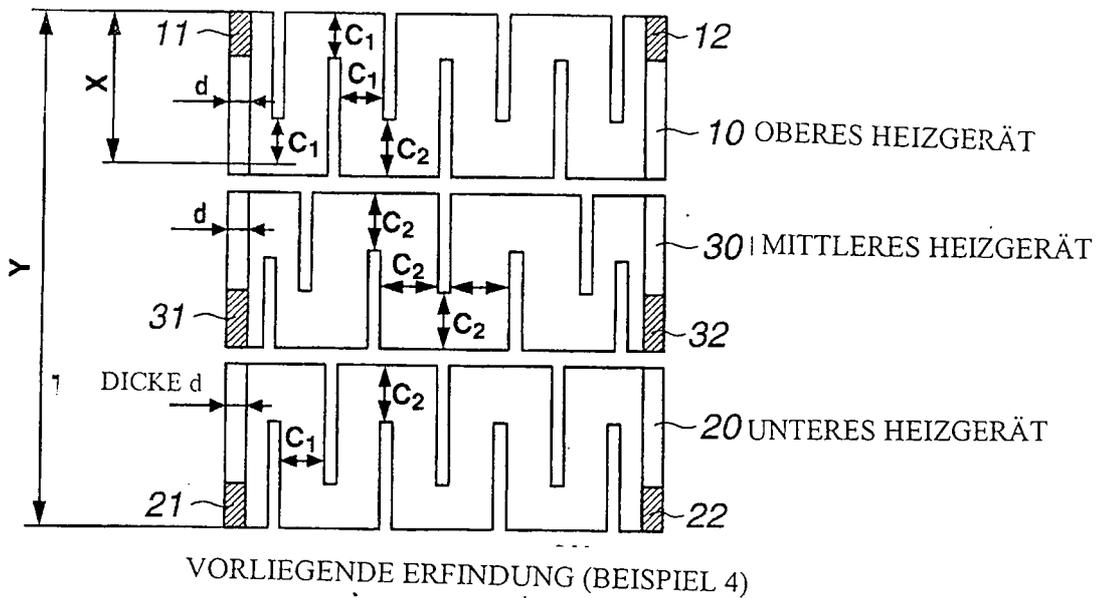
$C_1, C_2$ : BREITE DES STROMDURCHGANGS

**FIG. 5**



C1, C2: BREITE DES STROMDURCHGANGS

**FIG.6**



C1, C2: BREITE DES STROMDURCHGANGS

**FIG.7**

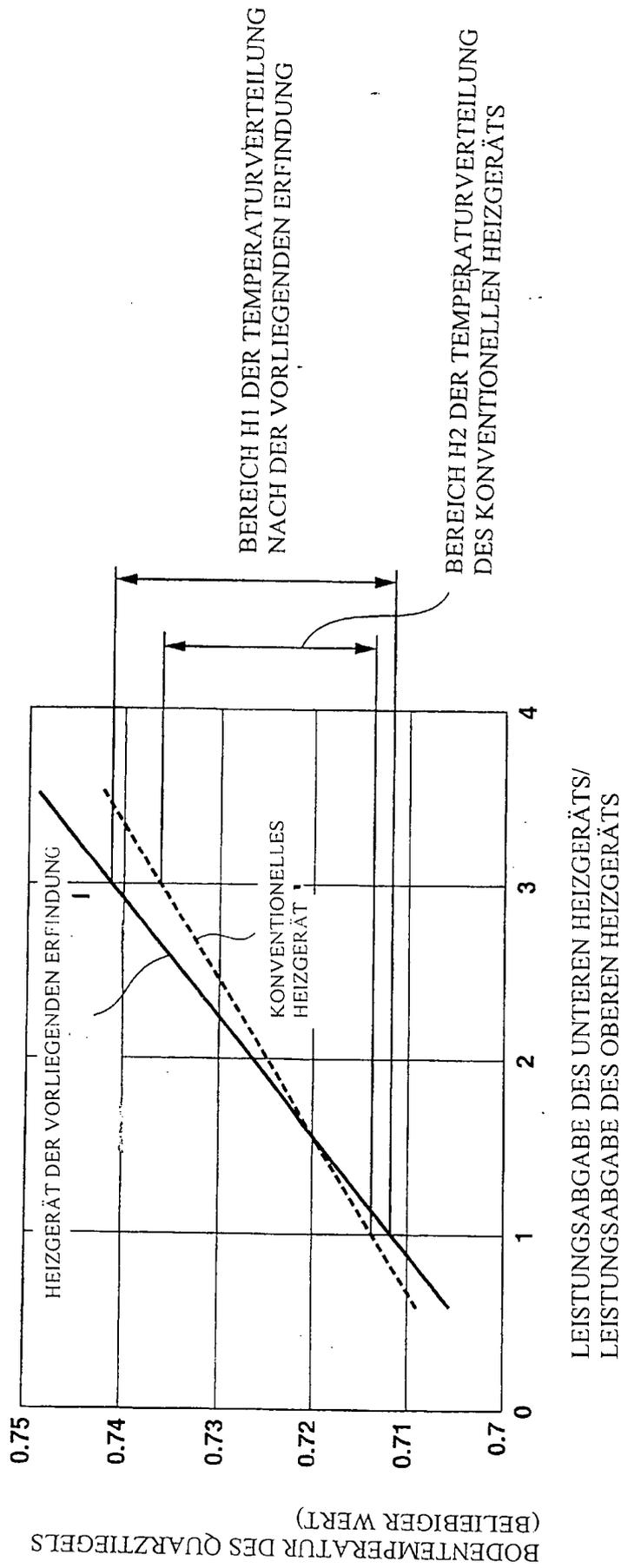


FIG.8

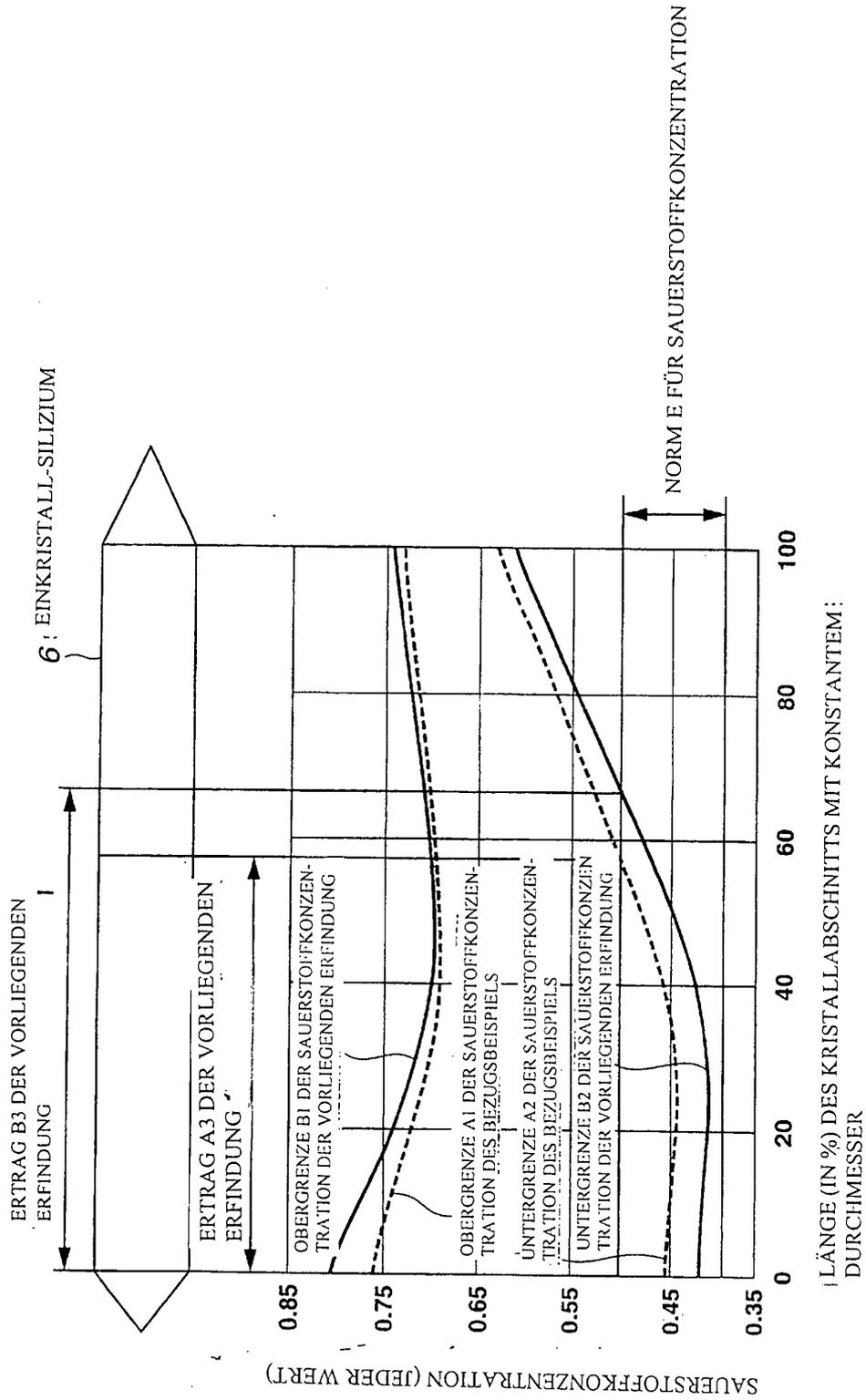


FIG.9(b)

FIG.9(a)