



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 062 494 A1** 2009.07.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 062 494.2**
 (22) Anmeldetag: **16.12.2008**
 (43) Offenlegungstag: **16.07.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/268** (2006.01)
H01L 21/324 (2006.01)
H01J 61/80 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2007-339823 28.12.2007 JP

(74) Vertreter:
Patentanwälte Lang & Tomerius, 80687 München

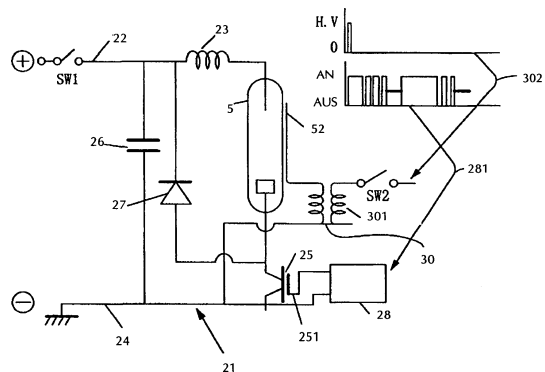
(71) Anmelder:
Ushiodenki Kabushiki Kaisha, Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
Yokomori, Takehiko, Himeji, Hyogo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten sowie Verfahren zur Erwärmung von Substraten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten, bei welcher man mit einer Lampe Substrate erwärmt, welche eine Stromquelle, einen Kondensator, welcher durch die Stromquelle geladen wird, eine Blinklampe, welche durch die elektrische Ladung entlädt, die in dem Kondensator gespeichert wurde, eine Induktanz, welche zwischen dem Kondensator und der Blinklampe angeschlossen ist, sowie eine Trigger-Vorrichtung zum Starten einer Entladung in der Blinklampe umfasst. Sie umfasst weiter eine Diode, welche parallel zu einer Reihenschaltung aus der Blinklampe und der Induktanz angeschlossen ist, ein Halbleiterschalter, welcher an die Blinklampe in Reihe geschaltet ist, sowie ein Regelglied zur Regelung des Ein- und Ausschaltens des Halbleiterschalters, worin das Regelglied eine Treiberschaltung aufweist, welche ausgebildet ist, ein erstes Treibersignal auszugeben, das den Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, nachdem der Trigger-Vorrichtung ein Trigger-Signal eingegeben wurde, sowie ein zweites Treibersignal auszugeben, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, und worin die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, länger ist als die Dauer, während derer der Halbleiterschalter durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen eingeschaltet wird. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Betreiben der Vorrichtung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erwärmung, welche bei Vorgängen der Herstellung von Halbleitern sowie TFTs verwendet wird. Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten unter Verwendung einer Blinklampe als Wärmequelle.

[0002] Herkömmlicherweise führt man bei einer Ionenimplantation auf der äußersten Oberfläche eines Substrates wie eines Halbleiterwafers oder dergleichen zur Aktivierung oder Ähnlichem eine schnelle Erwärmung des Substrates durch. Hierfür ist eine Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten unter Verwendung beispielsweise einer Blinklampe bekannt (JP-A-2002-198322, JP-A-2001-319887 oder US-A-2002-0179589 und dergleichen).

[0003] Ferner ist auch eine Vorrichtung bekannt, bei welcher man die beiden Seiten eines Substrates mit Licht bestrahlt und somit eine Erwärmung durchführt, bei welcher mit einer Halogenlampe oder dergleichen eine Hintergrunderwärmung (ein Vorwärmen) durchgeführt wird und bei welcher danach mit einer Blinklampe bis zu einer Temperatur schnell erwärmt wird, bei welcher dieses Substrat aktiviert wird (siehe WO-A-03/085343).

[0004] Bei einer Blinklampe ist im versiegelten Inneren einer stabförmigen Leuchtröhre aus beispielsweise Quarzglas Emissionsgas, beispielsweise Xenon(Xe)-Gas, eingefüllt und ein Paar Elektroden gegenüberliegend angeordnet. Auf der Außenseite der Leuchtröhre der Blinklampe ist ein stabförmigen elektrischer Leiter beispielsweise aus Edelstahl als Trigger-Elektrode entlang der Längsrichtung der Leuchtröhre angeordnet. Durch Zufuhr einer Hochspannung zu der Trigger-Elektrode wird die Blinklampe betrieben.

[0005] **Fig. 9** ist eine schematische Darstellung eines Beispiels einer Betriebsschaltung einer herkömmlichen Blinklampe. An die Hochspannungsseite **22** der Blinklampe **5** ist eine Spule **23** angeschlossen. Die Erdungsseite **24** ist geerdet. Parallel zu einer Serienschaltung der Blinklampe **5** und der Spule **23** ist ein Kondensator **26** angeschlossen. Der Blinklampe wird von diesem Kondensator **26** Strom zugeführt. Die Stromzufuhr zu diesem Kondensator **26** beginnt durch Einschalten eines Schalters SW1, welcher auf der Hochspannungsseite **22** angeordnet ist. Ferner ist eine Trigger-Elektrode **52** zum Betreiben der Blinklampe **5** angeordnet. Die Trigger-Elektrode **52** ist an eine Triggerspule **30** angeschlossen. Dadurch, dass ein Schalter SW2 eingeschaltet und somit der Primärseite der Triggerspule **30** ein Spannungsimpuls HV zugeführt wird, wird an die Trigger-Elektrode **52** eine Hochspannung angelegt, wodurch die Blinklampe **5** betrieben wird.

[0006] Entsprechend einer Verringerung der Leistung sowie einer Verkleinerung der integrierten Schaltung der Halbleiter wird die Transistorschaltung, welche innerhalb der Schaltung erzeugt wird, immer feiner verarbeitet. Konkret muss man die Tiefe der Diffusionsschicht der Verunreinigungsatome, welche die Halbleiterschicht enthält, die Source und Drain an den beiden Enden des Gates der Transistorschaltung bildet, sehr verringern. Andererseits muss man den Flächenwiderstandswert (Ω/cm^2) bei der Halbleiterschaltung verringern.

[0007] Zur Geringhaltung der Tiefe der Diffusionsschicht der Verunreinigungsatome der auf diesem Halbleiterwafer gebildeten Transistorschaltung kann man dadurch erreichen, dass man beim Vorgang von Dotieren und Diffundieren der Verunreinigungsatome auf diesem Halbleiterwafer die Diffusionstemperatur verringert oder die Diffusionszeit verkürzt. Andererseits befinden sich beim Vorgang der Aktivierung, bei welchem die die Verunreinigungen enthaltende Diffusionsschicht des Halbleiters aktiviert und der Flächenwiderstandswert (Ω/cm^2) verringert wird, die Verunreinigungen (Dotierungsstoff) zum Diffundieren in den Halbleiterwafer nach dem Diffusionsvorgang an Stellen, die von der Position des Kristallgitters des Siliciums etwas abweichen. Wenn jedoch der Dotierungsstoff die nächste Gitterposition findet und zu einer richtigen Position zurückkehrt, ist die Aktivierung abgeschlossen. Dieses Phänomen erfordert nur eine kurze Dauer von ca. 10 Nanosekunden.

[0008] Eine gleichzeitige Durchführung einer hohen Aktivierung und einer Verringerung der Diffusion des Halbleiterwafers wird dadurch realisiert, dass man die Temperatur möglichst erhöht und in kurzer Zeit eine Warmbehandlung durchführt. Wenn der Halbleiterwafer beispielsweise aus Silicium besteht, kann man bei einer Temperatur von ca. 1400°C , bei welcher das Silicium schmilzt, einen Moment erwärmen.

[0009] Nachfolgend wird ein Fall eines Siliciumwafers beispielhaft gezeigt, bei welchem Bor als Dotierungsstoff verwendet wird. Wenn bei einem so genannten Spike-RTA (einer schnellen, optischen Erwärmung unter Verwendung einer Halogenlampe) auf herkömmlich Weise erwärmt und der Widerstandswert auf $1000 \Omega/\text{cm}^2$ festgelegt wird, muss man den Siliciumwafer mindestens 1.5 Sekunden lang auf größer/gleich 1000°C erwärmen. Durch die Erwärmung mit dieser Temperatur und dieser Dauer bewegt sich (diffundiert) jedoch das Bor, welches vor der Erwärmung bei ca. 10 nm lag, mit einer gewissen Konzentration nach der Spike-RTA-Erwärmung bis zu einer Tiefe von ca. 30 nm.

[0010] Wenn andererseits mit einer Blinklampe erwärmt und in der Weise bestrahlt wird, dass der Widerstandswert ebenfalls auf $1000 \Omega/\text{cm}^2$ festgelegt wird, wird selbst nach der Erwärmung mit der Blink-

klampe keine übermäßige thermische Diffusion von Bor mit einer gewissen Konzentration, welches ebenfalls bei ca. 10 nm lag, in die Tiefenrichtung beobachtet, sondern es bleibt unverändert bei der Tiefe von ca. 10 nm. Zur Vermeidung einer Diffusion des Dotierungsstoffs wird eine Erwärmung mit einer kurzen Dauer benötigt. Durch eine Erwärmung mit einer Blinklampe wurde dieses realistisch ermöglicht. Das heißt, wenn die Erwärmungsdauer lang ist und die Temperatur sich über den gesamten Halbleiter erhöht, wird der Dotierungsstoff zwar in die Tiefenrichtung des Halbleiterwafers diffundiert. Durch eine Erwärmung mit einer Blinklampe kann man jedoch eine übermäßige Ionendiffusion verhindern.

[0011] Wenn man unter Verwendung einer Blinklampe ein Substrat wie einen Halbleiterwafer oder dergleichen tatsächlich rasch erwärmt, erhöht sich die Temperatur des Substrates durch die Lichtbestrahlung jedoch schnell. Man hatte den Nachteil, dass entsprechend dieser schnellen Temperaturerhöhung durch eine thermische Unregelmäßigkeit, welche in diesem Substrat entsteht, eine Verformung sowie Risse entstehen.

[0012] Wie vorstehend beschrieben wurde, ist unter Verwendung einer Blinklampe eine Erwärmung mit einer kurzen Dauer möglich, bei welcher die Ionendiffusion nicht über das gesamte Substrat stattfindet. Durch eine schnelle Temperaturerhöhung während einer kurzen Zeit sind jedoch die Nachteile aufgetreten, dass durch eine thermische Unregelmäßigkeit, welche durch den Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur des Bodens hiervon entsteht, das Substrat verformt oder aufgerissen wird.

[0013] Die Erfindung wurde gemacht, um die vorstehend beschriebenen Nachteile beim Stand der Technik zu beseitigen. Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten anzugeben, bei welcher man unter Verwendung einer Blinklampe ein Substrat rasch erwärmt und bei einer Ionenimplantation, einer Aktivierung und dergleichen auf der äußersten Oberfläche des Substrates die alleräußerste Oberfläche in einem Zustand, in welchem eine Verformung sowie Rissbildung möglichst verhindert werden, aktivieren kann. Ferner besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren zur Erwärmung von Substraten anzugeben.

[0014] Als Folge verschiedener Überprüfungen von Mitteln zur Lösung der Aufgabe wurde herausgefunden, dass man, statt die Oberflächentemperatur des Substrates auf einmal auf die zu erzielende, gewünschte Temperatur zu erhöhen, dadurch

- dass man die Substrattemperatur bis zu einer zweiten Temperatur erhöht, welche niedriger ist als die gewünschte Temperatur, und sie für eine kurze Dauer bei dieser Temperatur hält, oder

- dass man die Temperatur mit einer vorgegebenen Temperaturerhöhung-Rate erhöht und danach die Oberflächentemperatur des Substrates bis zu der zu erzielenden, gewünschten Temperatur erhöht,

ein Entstehen einer Verformung sowie von Rissen des Substrates verringern kann.

[0015] Wenn hierbei die Erwärmungsdauer lang ist und die Temperatur sich über das gesamte Substrat erhöht, wie vorstehend beschrieben wurde, erfolgt die Ionendiffusion über das gesamte Substrat. Damit der Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur seines Bodens bei größer/gleich dem Temperaturunterschied liegt, bei welchem die Ionendiffusion nicht über das gesamte Substrat stattfindet, führt man folgendes durch:

- Man verkürzt die Haltezeit bei der vorstehend beschriebenen zweiten Temperatur in ausreichendem Maß;
- Man verkürzt die Dauer der Temperaturerhöhungsphase in ausreichendem Maß; und
- Man legt den Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur des Bodens innerhalb eines Temperaturbereiches fest, in welchem das Substrat durch eine thermische Unregelmäßigkeit weder verformt noch aufgerissen wird.

[0016] Die vorstehend beschriebene Aufgabe wird also mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und dem Verfahren gemäß Anspruch 8 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0017] Bei einer Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten, bei welcher man mit einer Lampe Substrate erwärmt, welche umfasst:

- einen Kondensator, welcher durch eine Stromquelle geladen wird;
- eine Blinklampe, welche durch die elektrische Ladung entlädt, die in dem Kondensator gespeichert wurde;
- eine Induktanz, welche zwischen dem Kondensator und der Blinklampe angeschlossen ist; sowie
- eine Trigger-Vorrichtung zum Starten einer Entladung in der Blinklampe, ist parallel zu einer Reihenschaltung aus der Blinklampe und der Induktanz eine Diode angeschlossen, und an die Blinklampe ist in Reihe ein Halbleiterschalter geschaltet.

[0018] Ferner ist eine Treiberschaltung angeordnet, welche ein erstes Treibersignal, welches nach der Eingabe eines Trigger-Signals in die Trigger-Vorrichtung den Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal aus-

gibt, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet.

[0019] Die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, wird länger festgelegt als die Dauer, während der der Halbleiterschalter durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen eingeschaltet wird. Durch das erste Treibersignal schaltet man den Halbleiterschalter ein und aus, wodurch die Blinklampe betrieben wird. Man erhöht die Substrattemperatur bis zu der zweiten Temperatur, welche niedriger ist als die zu erzielende, gewünschte Temperatur, und man hält für eine kurze Dauer bei dieser Temperatur. Oder man erhöht die Temperatur mit einer relativ niedrigen Temperaturerhöhungs-Rate, und danach schaltet man den Halbleiterschalter mit dem zweiten Treibersignal ein, und man erhöht die Oberflächentemperatur des Substrates bis zu der zu erzielenden, gewünschten Temperatur.

[0020] (2) Bei der vorstehend beschriebenen Lösung (1) ist bezüglich des Substrates, welches durch die Lampenerwärmungsvorrichtung erwärmt wird, auf einer der Blinklampe entgegengesetzten Seite eine zweite Erwärmungsvorrichtung angeordnet.

[0021] (3) Bei den vorstehend beschriebenen Lösungen (1) und (2) ist das erste Treibersignal ein AN-AUS-Signal, bei welchem ein AN-Signal, welches den Halbleiterschalter in einen AN-Zustand versetzt, sowie ein AUS-Signal, das ihn in einen AUS-Zustand versetzt, mehrere Male wechselweise erscheint.

[0022] (4) Bei der vorstehend beschriebenen Lösung (3) wird das Tastverhältnis des AN-AUS-Signals [Dauer des AN-Signals/(Dauer des AN-Signals + Dauer des AUS-Signals)] innerhalb einer Dauer verändert, während welcher das erste Treibersignal ausgegeben wird.

[0023] (5) Bei den vorstehend beschriebenen Lösungen (1), (2) und (3) wird als Halbleiterschalter ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT-Element) verwendet.

[0024] (6) Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erwärmung von Substraten, bei welchem man durch eine Eingabe eines Trigger-Signals von einer Trigger-Vorrichtung eine Entladung einer Blinklampe startet und danach einen an die Blinklampe in Reihe geschalteten Halbleiterschalter einschaltet, bei welchem man in der Blinklampe Strom fließen lässt und sie somit betreibt, und bei welchem man durch eine Bestrahlung mit Licht aus der Blinklampe Substrate erwärmt, wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass man dem Halbleiterschalter ein erstes Treibersignal, welches den Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal sendet, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals

den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, wodurch man die Blinklampe betreibt, dass man ferner durch das erste Treibersignal die Substrattemperatur in der Weise erhöht, dass der Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur von dessen Bodens bei mindestens einem Temperaturunterschied liegt, bei welchem die Ionendiffusion nicht über das gesamte Substrat stattfindet, dass er ferner innerhalb eines Temperaturunterschiedes liegt, bei dem durch eine thermische Unregelmäßigkeit kein negativer Einfluss auf das Substrat ausgeübt wird, und dass man durch das zweite Treibersignal die Oberflächentemperatur des Substrates bis zu einer gewünschten Temperatur erhöht, welche höher ist als die Oberflächentemperatur, die durch das erste Treibersignal erhalten wird.

[0025] Durch die Erfindung kann man folgende Wirkungen erhalten.

[0026] (1) Durch die Maßnahme, dass ein erstes Treibersignal, welches einen an die Blinklampe in Reihe geschalteten Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal ausgegeben werden, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, dass ferner die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, länger festgelegt wird als die Dauer, während der durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen der Halbleiterschalter eingeschaltet wird, dass man durch das erste Treibersignal den Halbleiterschalter ein- und ausschaltet, wodurch die Blinklampe betrieben wird, dass man die Substrattemperatur bis zu der zweiten Temperatur erhöht, welche niedriger ist als die zu erzielende, gewünschte Temperatur oder dass man die Temperatur mit einer gleichzeitigen Verminderung der Temperaturerhöhungs-Rate erhöht, und dass man danach den Halbleiterschalter mit dem zweiten Treibersignal einschaltet und die Oberflächentemperatur des Substrates auf die zu erzielende, gewünschte Temperatur erhöht, kann man die Verzerrung verkleinern, welche durch den Temperaturunterschied in der Dickenrichtung des Substrates entsteht, welches einer Temperaturerhöhung unterzogen wird, und man kann sowohl Verformung als auch Risse des Substrates unterdrücken.

[0027] Das heißt, durch die Maßnahme, dass die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, länger festgelegt wird als die Dauer, während der durch eines der Treibersignale der ersten Treibersignale der Halbleiterschalter eingeschaltet wird, kann man die Temperaturerhöhungs-Rate des zweiten Treibersignals größer machen als die Temperaturerhöhungs-Rate durch das erste Treibersignal. Hierdurch kann man den thermischen Schaden bei der Temperaturerhöhung des Substrates mindern und Verformung sowie

Risse des Substrates unterdrücken.

[0028] Ferner kann man durch die Maßnahme, dass man die Erwärmungszeit durch das erste Treibersignal in ausreichendem Maß verkürzt und den Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur des Bodens hiervon in der Weise festlegt, dass die Ionendiffusion nicht auf das gesamte Substrat ausgeübt wird, verhindern, dass die Ionendiffusion über das gesamte Substrat stattfindet.

[0029] (2) Dadurch, dass bei der Erwärmung des Substrates bezüglich dieses Substrates auf einer der Blinklampe entgegengesetzten Seite eine zweite Erwärmungsvorrichtung angeordnet ist, kann man ohne Verhinderung der Lichtbestrahlung der Blinklampe dieses Substrat vorwärmen. Man kann deshalb die der Blinklampe, welche zur Erwärmung des Substrates bis zu einer gewünschten Temperatur dient, zuzuführende Leistung verringern. Man kann somit die Last auf die Blinklampe verringern und ihre Lebensdauer verlängern. Ferner kann man durch die Vorwärmung des Substrates durch eine Widerstandserwärmungsvorrichtung den Temperaturunterschied in der Dickenrichtung des Substrates verringern und Verformung sowie Risse des Substrates vermeiden.

[0030] (3) Durch die Maßnahme, dass das erste Treibersignal ein AN-AUS-Signal ist, bei welchem ein AN-Signal, welches den Halbleiterschalter in einen AN-Zustand versetzt, sowie ein AUS-Signal, das ihn in einen AUS-Zustand versetzt, mehrere Male wechselweise erscheint, und dass das Tastverhältnis des AN-AUS-Signals [Dauer des AN-Signals/(Dauer des AN-Signals + Dauer des AUS-Signals)] verändert wird, kann man die Temperaturerhöhungs-Rate durch das erste Treibersignal auf eine gewünschte Rate festlegen.

[0031] Ferner kann man durch die Maßnahme, dass das Tastverhältnis des AN-AUS-Signals [Dauer des AN-Signals/(Dauer des AN-Signals + Dauer des AUS-Signals)] innerhalb einer Dauer verändert, während welcher das erste Treibersignal ausgegeben wird, und dass beispielsweise das Tastverhältnis allmählich vergrößert wird, die Temperatur mit einer vorgegebenen Temperaturerhöhungs-Rate erhöhen, wodurch man den thermischen Schaden bei der Temperaturerhöhung des Substrates mindern und Verformung sowie Risse des Substrates verringern kann.

[0032] (4) Dadurch, dass als Halbleiterschalter ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT-Element) verwendet wird, kann man selbst bei einer Blinklampe, welche einen großen Strom benötigt, den Entladestrom impulsartig schalten. Somit kann man dadurch, dass die im Kondensator gespeicherte Energie bei gleichzeitiger Regelung verbraucht wird, die

Emission der Blinklampe bei einer gewünschten Gestaltung regeln.

[0033] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten werden bei einer schnellen Erwärmung von Substraten wie Halbleiterwafern und dergleichen unter Verwendung einer Betriebschaltung, bei welcher parallel zu einer Reihenschaltung aus einer Blinklampe und einer Induktanz eine Diode angeschlossen ist, und bei welcher an die Blinklampe in Reihe ein Halbleiterschalter geschaltet ist, beim Betrieb der Blinklampe ein erstes Treibersignal, welches den Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal ausgegeben, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, und dessen Dauer länger ist als die Dauer, während der durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen der Halbleiterschalter eingeschaltet wird.

[0034] Hierdurch wird bei der Temperaturverteilung in der Dickenrichtung des Substrates, welches durch das erste Treibersignal und das zweite Treibersignal einer Temperaturerhöhung unterzogen wurde, der Temperaturunterschied im Vergleich zum Fall einer Temperaturerhöhung durch Licht einer Blinklampe mit Einzelimpuls-Betrieb kleiner, wodurch die thermische Unregelmäßigkeit, welche in dem Halbleiterwafer entsteht, verkleinert werden kann. Man hat deshalb die ausgezeichnete Wirkung, dass Verformungen sowie Risse des Halbleiterwafers vermindert werden können.

[0035] Nachfolgend wird die Erfindung anhand mehrerer in der Zeichnung dargestellter Ausführungsbeispiele konkret beschrieben. Es zeigen:

[0036] [Fig. 1\(a\)](#) und (b) jeweils eine schematische Darstellung der Anordnung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten;

[0037] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines Beispiels einer Schaltung zum Betreiben einer Blinklampe zur Realisierung der Erfindung;

[0038] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung eines Beispiels einer Schaltung zum Betreiben mehrerer Blinklampen;

[0039] [Fig. 4\(a\)](#) bis (d) eine schematische Darstellung eines Vergleiches des Temperaturzustandes in der Dickenrichtung im Fall einer Erwärmung eines Halbleiterwafers durch eine Erwärmungsvorrichtung unter Verwendung einer Blinklampe mit einem Fall einer Temperaturerhöhung durch Blitzlicht mit Einzelimpuls-Betrieb;

[0040] [Fig. 5](#) ein Zeitdiagramm zur Darstellung eines Temperaturerhöhungs-Musters gemäß einem

ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0041] **Fig. 6** ein Zeitdiagramm eines zweiten Ausführungsbeispiels eines weiteren Temperaturerhöhung-Musters bei der Erfindung;

[0042] **Fig. 7** ein Zeitdiagramm eines dritten Ausführungsbeispiels eines weiteren Temperaturerhöhung-Musters bei der Erfindung;

[0043] **Fig. 8** ein Zeitdiagramm eines vierten Ausführungsbeispiels eines weiteren Temperaturerhöhung-Musters bei der Erfindung; und

[0044] **Fig. 9** eine schematische Darstellung eines Beispiels einer Betriebsschaltung einer herkömmlichen Blinklampe.

[0045] **Fig. 1(a)** und (b) zeigen jeweils in einer schematischen Darstellung die Anordnung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **1** zur Erwärmung von Substraten. Auf einer Heizplatte **2** ist ein Halbleiterwafer (Substrat) **3** angeordnet, auf dessen oberer Seite ein Lichtbestrahlungsteil **4** angeordnet ist, in welchem ein Reflektor **6**, der das aus einer Blinklampe **5** ausgestrahlte Licht zur Seite des Halbleiterwafers **3** hin reflektiert, sowie Blinklampen **5** in Stabrohrform angeordnet sind, die innerhalb des Reflektors **6** in mehreren Stücken parallel zueinander angeordnet sind. Die jeweiligen Blinklampen **5** sind auf der Seite des Reflektors **6** mit einer Trigger-Elektrode **52** versehen.

[0046] **Fig. 2** zeigt ein Beispiel einer Betriebsschaltung **21** einer Blinklampe zur Realisierung der Erfindung. Bei der Blinklampe **5** sind auf die Hochspannungsseite **2** eine Spule **23** und auf die Erdungsseite **24** ein IGBT-Element **25** als Halbleiterschalter in Reihe geschaltet.

[0047] Zu der Blinklampe **5** sind jeweils parallel ein Kondensator **26** für eine Energiezufuhr zu der Blinklampe **5** sowie eine Diode **27** angeschlossen, welche einen Rückkopplungsstrom regelt, welcher als Folge eines Öffnens und Schließens eines Gates **251** eines Bipolartransistors mit isoliertem Gate (IGBT-Element) **25** entsteht. Die Energiezufuhr zu diesem Kondensator **26** beginnt durch Einschalten eines Schalters SW1, welcher auf der Hochspannungsseite **22** angeordnet ist. Im IGBT-Element **25** ist eine Gateschaltung **28** angeordnet. Durch Ein- oder Ausschalten des Gates **251** nach einem Gate-Signal **281**, welches von außen eingegeben wird, wird der Strom geregelt, welcher in der Blinklampe **5** fließt.

[0048] Zudem ist eine Trigger-Elektrode **52** zum Betreiben der Blinklampe **5** angeordnet. Die Trigger-Elektrode **52** ist an eine Trigger-Spule **30** angeschlossen. Der Primärseite **301** der Trigger-Spule **30** wird ein Spannungsimpuls zugeführt, welcher mit ei-

nem Trigger-Signal **302** der Blinklampe **5** abgestimmt wird. Dieser Betrieb beginnt durch Einschalten eines Schalters SW2.

[0049] **Fig. 3** zeigt ein Beispiel einer Betriebsschaltung zum Betreiben mehrerer Blinklampen. Wie in **Fig. 3** gezeigt wird, sind parallel zu Reihenschaltungen aus Blinklampen **5-1** bis **5-n** und jeweils einer Spule **23** Dioden **27** angeschlossen, wobei die Verbindungspunkte der Spulen **23** mit den Dioden **27** über eine Diode **31** durch einen gemeinsamen Anschluss über einen Schalter SW1 an die +-Seite der Stromquelle angeschlossen sind. Ferner sind die Verbindungspunkte der Blinklampen **5-1** bis **5-n** mit den Dioden **27** durch einen gemeinsamen Anschluss an eine der Klemmen des IGBT-Elementes **25** angeschlossen, während die andere Klemme des IGBT-Elementes **25** an die Erdungsseite der Stromquelle angeschlossen ist und an die Gate-Klemme des IGBT-Elementes **25** eine Gateschaltung **28** angeschlossen ist.

[0050] Die Trigger-Elektroden **52** der jeweiligen Blinklampen **5-1** bis **5-n** sind an Trigger-Spulen **30** angeschlossen. Die Primärseite **301** der jeweiligen Trigger-Spule **30** ist durch einen gemeinsamen Anschluss an einen Schalter SW2 angeschlossen.

[0051] Im Fall einer Ausführung einer Betriebsschaltung mehrerer Blinklampen werden, wie in **Fig. 3** gezeigt wird, bei den jeweiligen Blinklampen jeweils Betriebsschaltungen **21-1** bis **21-n** angeordnet, wobei man beispielsweise die Schalter SW1, SW2, das IGBT-Element **25** und die Gateschaltung **28** gemeinsam verwenden kann. Dadurch, dass auf diese Weise die Schalter SW1, SW2, das IGBT-Element **25** und dergleichen gemeinsam verwendet werden, kann man die Streuung des Betriebs-Timings der jeweiligen Blinklampen verkleinern.

[0052] **Fig. 4(a)** bis (d) zeigen jeweils in einer schematischen Darstellung einen Vergleich des Temperaturzustandes in der Dickenrichtung im Fall einer Erwärmung eines Halbleiterwafers durch eine Erwärmungsvorrichtung unter Verwendung einer Blinklampe mit einem Fall einer Temperaturerhöhung durch Einzelimpuls-Blinklicht.

[0053] **Fig. 4(a)** ist eine mit **Fig. 1(a)** und (b) identische Darstellung. **Fig. 4(a)** ist eine schematische Darstellung einer Erwärmungsvorrichtung **1**, welche einen Halbleiterwafer **3**, welcher auf einer Heizplatte **2** angeordnet ist, sowie einen Lichtbestrahlungsteil **4** aufweist, bei welchem auf der Oberflächenseite des Halbleiterwafers **3** mehrere Blinklampen **5** parallel zueinander angeordnet sind. Die Erwärmungsvorrichtung **1** ist mit einem Reflektor **6** versehen, welcher das von diesen Blinklampen **5** ausgestrahlte Licht auf die Seite des Halbleiterwafers **3** hin reflektiert. Auf den Seiten des Reflektors **6** der Blinklampen **5** ist je-

weils eine Trigger-Elektrode **52** angeordnet.

[0054] [Fig. 4\(b\)](#) ist eine vergrößerte Darstellung eines Bereiches n , welcher von einer gestrichelten Linie in [Fig. 4\(a\)](#) umgeben ist. [Fig. 4\(b\)](#) zeigt einen Teil des Halbleiterwafers **3** und einen Teil der Heizplatte **2**. In der Dickenrichtung des Halbleiterwafers **3** sind Punkte A, B und C schematisch vorgesehen, wobei A die alleräußerste Oberfläche, B die äußerste Oberfläche und C die Rückseite darstellt. In diesen Anmeldungsunterlagen soll unter dem Begriff "alleräußerste Oberfläche" ein Bereich in einer Tiefenrichtung bis $10\ \mu\text{m}$ von der Seite der Lichtbestrahlungsfläche des Halbleiterwafers **3** aus verstanden werden, unter dem Begriff "äußerste Oberfläche" ein Bereich in einer Tiefenrichtung von $10\ \mu\text{m}$ bis $100\ \mu\text{m}$, also im Anschluss an die alleräußerste Oberfläche, und unter dem Begriff "Rückseite" eine Fläche, welche mit der Heizplatte **2** in Kontakt ist.

[0055] [Fig. 4\(c\)](#) zeigt die Relation zwischen den Temperaturen der jeweiligen Punkte A, B und C und der Zeit gemäß [Fig. 4\(b\)](#). Hierbei stellt die Abszissenachse die Zeit dar, wobei die jeweiligen Punkte a, c, d und e jeweils ein nächstes Timing darstellen. Das heißt; a stellt den Startzeitpunkt einer Temperaturerhöhung des Halbleiterwafers **3** dar, c den Zeitpunkt, zu welchem der Blinklampe **5** ein Trigger-Signal eingegeben wird, d den Zeitpunkt des Einschaltens des Gate-Signals des IGBT-Elementes **25** zur Temperaturerhöhung des Halbleiterwafers **3** bis zur höchsten Temperatur und e den Zeitpunkt des Temperaturabfalls bis zur Temperatur vor dem Betrieb der Blinklampe.

[0056] Auf der alleräußersten Oberfläche (durchgezogene Linie A) des Halbleiterwafers **3** ist die Temperatur am Punkt c bis $500\ ^\circ\text{C}$, am Punkt d bis $800\ ^\circ\text{C}$ und danach bis zur höchsten Temperatur von $1300\ ^\circ\text{C}$ angestiegen und danach am Punkt e bis $500\ ^\circ\text{C}$ gesunken.

[0057] Als nächstes beginnt auf der mit B dargestellten äußersten Oberfläche (an einer Stelle mit einer Dicke von $100\ \mu\text{m}$: dargestellt mit einer durchbrochenen Linie B) des Halbleiterwafers **3** die Temperaturerhöhung etwas später als die mit der durchgezogenen Linie A gezeigte Temperaturerhöhung, wenn der Betrieb der Blinklampe **5** beginnt. Sie steigt am Punkt d bis $700\ ^\circ\text{C}$ und danach bis zur höchsten Temperatur von $1000\ ^\circ\text{C}$ an und sinkt am Punkt e bis $500\ ^\circ\text{C}$.

[0058] Als nächstes beginnt auf der mit C dargestellten Rückseite (dargestellt mit einer doppelt gestrichelten Linie C) des Halbleiterwafers **3** die Temperaturerhöhung viel später als die mit der durchgezogenen Linie A und der durchbrochenen Linie B gezeigten Temperaturerhöhungen, wenn der Betrieb der Blinklampe **5** beginnt. Die Temperatur erhöht sich danach auch am Punkt d nur langsam und erreicht

höchstens einen Anstieg bis $550\ ^\circ\text{C}$. Danach sinkt sie langsam.

[0059] In [Fig. 4\(c\)](#) wird die Dauer zwischen a und c, zwischen c und d und zwischen d und e zwar im Wesentlichen mit derselben Länge dargestellt. Jedoch liegt die Dauer zwischen a und c beispielsweise bei ca. 3 Minuten, die Dauer zwischen c und d beispielsweise bei ca. $0.1\ \text{s}$ und die Dauer zwischen d und e beispielsweise bei $0.01\ \text{s}$.

[0060] In [Fig. 4\(d\)](#) wird ein Beispiel eines Vergleichs mit der Erfindung gezeigt. Hierbei wird ein Fall gezeigt, in welchem, wie herkömmlicherweise, der Blinklampe **5** die im Kondensator gespeicherte Energie auf einmal zugeführt und eine Einpuls-Lichtbestrahlung durchgeführt wird. Die Punkte A, B und C bei dem Halbleiterwafer **3** in [Fig. 4\(d\)](#) entsprechen den jeweiligen Punkten gemäß [Fig. 4\(b\)](#). Die jeweiligen Zeitpunkte a, f und e stellen jeweils ein nächstes Timing dar. Das heißt, a bezeichnet den Startzeitpunkt einer Temperaturerhöhung des Halbleiterwafers **3**, f den Zeitpunkt, zu welchem nach einer Ladung des Kondensators mit elektrischer Ladung der Blinklampe **5** ein Trigger-Signal zugeführt wurde (ab diesem Zeitpunkt beginnt die Blinklampe **5** mit einer Emission), sowie e den Zeitpunkt eines Temperaturabfalls bis zur Temperatur vor dem Betrieb der Blinklampe.

[0061] Die Temperatur der jeweiligen Punkte A, B und C des Halbleiterwafers **3** zum Zeitpunkt f bei diesem Vergleichsbeispiel liegt bei $500\ ^\circ\text{C}$. Danach beginnt die Emission der Blinklampe **5**. Die Temperatur erreicht jeweils beim Punkt A die Höchsttemperatur von $1300\ ^\circ\text{C}$, beim Punkt B $900\ ^\circ\text{C}$ und beim Punkt C $520\ ^\circ\text{C}$. Sie sinkt danach zum Zeitpunkt e bis $500\ ^\circ\text{C}$. Vergleicht man [Fig. 4\(c\)](#) mit [Fig. 4\(d\)](#), wird sowohl in [Fig. 4\(c\)](#) als auch in [Fig. 4\(d\)](#) zwar in der Weise vorgegangen, dass die Temperatur, welche beim Punkt A an der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** erreicht wird, sich bis $1300\ ^\circ\text{C}$ erhöht. In diesem Fall weisen jedoch die Temperaturen, welche beim Punkt B und beim Punkt C erreicht werden, in [Fig. 4\(c\)](#) und [Fig. 4\(d\)](#) voneinander sich unterscheidende Werte auf. Das heißt, die Temperatur, welche beispielsweise beim Punkt B erreicht wird, liegt in [Fig. 4\(c\)](#) bei $1000\ ^\circ\text{C}$, während sie in [Fig. 4\(d\)](#) bei $900\ ^\circ\text{C}$ liegt.

[0062] Bei einer derartigen Temperaturverteilung entsteht beim Punkt A, welcher die alleräußerste Oberfläche darstellt, entsprechend der Temperatur von $1300\ ^\circ\text{C}$ eine Ausdehnung durch eine Wärmeausdehnung des Halbleiterwafers **3**. Andererseits ist beim Punkt B, welche den Zwischenbereich darstellt, die Temperatur niedrig, so dass hier ein Wärmeausdehnungsunterschied im Vergleich zur Ausdehnung auf der alleräußersten Oberfläche entsteht. Dieser Wärmeausdehnungsunterschied tritt während einer äußerst kurzen Zeit des Betriebs der Blinklampe **5**

auf. Der Unterschied zwischen den Wärmeausdehnungen entsprechend dem großen Temperaturunterschied in der Tiefenrichtung des Halbleiterwafers **3** äußert sich als Spannung, welche auf den Halbleiterwafer **3** ausgeübt wird.

[0063] Im Fall gemäß [Fig. 4\(c\)](#) bei der Erfindung ist der Temperaturunterschied im Vergleich zum Fall gemäß [Fig. 4\(d\)](#) (im Fall des herkömmlichen Verfahrens zur Temperaturerhöhung) um 100 °C kleiner, wodurch die im Halbleiterwafer **3** entstehende Spannung sich verkleinert. Man kann sich vorstellen, dass man hierdurch Verformungen sowie Risse des Halbleiterwafers **3** verhindern kann.

[0064] Um hierbei den Unterschied zwischen der Temperatur am Punkt A, welcher die alleräußerste Oberfläche des Halbleiterwafers **3** darstellt, und der Temperatur am Punkt B in einem weniger weit außen liegenden Bereich zu verkleinern, führt man folgendes durch:

- Man ordnet eine Treiberschaltung an, welche ein erstes Treibersignal, welches den Halbleiterschalter (das IGBT-Element **25**) ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal ausgibt, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter einschaltet;
- Die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, wird länger festgelegt als die die Dauer, während der durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen der Halbleiterschalter eingeschaltet wird;
- Man schaltet beim Betrieb der Blinklampe **5**, welche in der Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten angeordnet ist, durch das erste Treibersignal den Halbleiterschalter ein und aus und betreibt somit die Blinklampe **5**;
- Man erhöht die Substrattemperatur bis zur zweiten Temperatur, welche niedriger ist als die zu erzielende, gewünschte Temperatur;
- Man schaltet danach durch das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter ein; und
- man erhöht die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Substrates bis zur zu erzielenden, gewünschten Temperatur (bei diesem Ausführungsbeispiel 1300 °C).

[0065] Auf diese Weise kann als Folge davon, dass man beim Betrieb der Blinklampe **5** durch das erste Treibersignal den Halbleiterschalter beispielsweise mit einem AN-AUS-Signal mit einem vorgegebenen Tastverhältnis ein- und ausschaltet und den in die Blinklampe **5** einfließenden Strom regelt, das Temperaturgefälle bezüglich der Tiefenrichtung des Halbleiterwafers **3** sanft verlaufen. Hierbei ist es, wie vorstehend beschrieben wurde, erwünscht, die Temperatur des Halbleiterwafers **3** in kurzer Zeit zu erhöhen. Die Zeit der Temperaturerhöhung des Halbleiterwafers **3** sowie dessen Behandlungstemperatur werden durch

die Art und die Behandlung des Halbleiterwafers **3** (beispielsweise die Tiefe der Ionenimplantation auf der Oberfläche sowie den Wärmeschaden des laminierten Dünnsfilms) auf geeignete Weise bestimmt.

[0066] [Fig. 5](#) ist ein Zeitdiagramm zur Darstellung des Temperaturerhöhungs-Musters gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung. [Fig. 5](#) zeigt einen Fall, in welchem das erste Treibersignal aus einem Treibersignal zur Bildung einer Lichtbogen-Entladung über die gesamte Röhrenachsrichtung der Lampe **5**, welches beispielsweise für eine Dauer von 40 µsec eingeschaltet wird, sowie aus einem Treibersignal besteht, das mit einem bestimmten Tastverhältnis AN und AUS wiederholt, und in welchem ferner das zweite Treibersignal aus einem AN-Signal besteht, welches eine vorgegebene Zeit lang andauert.

[0067] In [Fig. 5](#) zeigen jeweils von oben:

- (I) die Relation zwischen der Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** und der Zeit,
- (II) ein Gatesignal, welches dem IGBT-Element zugeführt wird,
- (III) ein Timing zum Eingeben des Trigger-Signals zum Betreiben der Blinklampe **5**,
- (IV) ein Signal zum Starten der Ladung des Kondensators, um den Kondensator zu laden, welcher der Blinklampe **5** Leistung zuführt,
- (V) die Lampenspannung der Blinklampe **5** sowie
- (VI) den Lampenstrom der Blinklampe **5**.

[0068] Die Abszissenachse stellt die Zeit und die Ordinatenachse in (I) die Temperatur von RT (Raumtemperatur) bis 1300 °C dar.

[0069] In [Fig. 5](#) beginnt zu einem gewissen Zeitpunkt a die Erwärmung des Halbleiterwafers **3**, wobei die Abszissenachse die Zeit darstellt. Diese stellt einen Zeitpunkt dar, zu welchem man als Widerstandserwärmungs-Vorrichtung eine Heizplatte **2** anordnet, wie vorstehend beschrieben wurde, auf welcher der Halbleiterwafer **3** angeordnet wird, und zu welchem die Stromquelle der Heizplatte **2** eingeschaltet wird, oder sie stellt einen Zeitpunkt dar, zu dem der Halbleiterwafer **3** auf eine vorgewärmte Heizplatte aufgesetzt wird. Ab diesem Zeitpunkt a fängt auch die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** damit an, sich zu erhöhen.

[0070] Nachdem die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 500 °C erreicht hat, wird sie bei einer konstanten Temperatur (500°C) aufrechterhalten. Wenn mit der Aufrechterhaltung bei der konstanten Temperatur angefangen wird, wird danach beispielsweise zu einem gewissen Zeitpunkt b dem Kondensator **26** zum Betreiben der Blinklampe **5** ein Ladestartsignal für einen Start einer Ladung zugeführt (IV in [Fig. 5](#)). Beim Empfang des Ladestartsi-

gnals wird an die beiden Enden der Blinklampe **5** eine Spannung angelegt ((V) in [Fig. 5](#)). Bei diesem Ausführungsbeispiel wird eine Spannung von beispielsweise 4000 V an die Blinklampe **5** angelegt.

[0071] Als nächstes wird zu einem Zeitpunkt c zum Betreiben der Blinklampe **5** ein Trigger-Signal zum Starten des Anlegens einer Hochspannung an die Trigger-Elektrode **52** eingeschaltet ((III) in [Fig. 5](#)). Zusammen hiermit wird ein AN-Signal zum Öffnen des Gates des IGBT-Elementes **25**, welches an die Blinklampe **5** angeschlossen ist, eingegeben ((II) in [Fig. 5](#)).

[0072] Der Anfangspuls des Gate-AN-Signals des IGBT-Elementes wird für eine Dauer von 40 µsec eingeschaltet, um die Lichtbogen-Entladung der Blinklampe **5** über die gesamte Röhrenachsrichtung der Lampe **5** zu bilden. Das sich hieran anschließende Gate-AN-Signal wiederholt einen Zyklus einer AN-Dauer mit einem Puls von 10 µsec und einer AUS-Dauer von 10 µsec mehrmals. Diese Wiederholung dauert bis zu einem Zeitpunkt d an. Während dieser Dauer (zwischen c und d) wird die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** bis auf 800°C erhöht und aufrechterhalten.

[0073] Die Lampenspannung der Blinklampe **5** verringert sich entsprechend dem AN-AUS des Gate-AN-Signals allmählich. Der Lampenstrom fließt entsprechend dem Betrieb der Blinklampe **5** ((VI) in [Fig. 5](#)).

[0074] Zum Zeitpunkt d wird die Temperatur des Halbleiterwafers **3** durch die Hauptentladung der Blinklampe **5** bis zur zu erzielenden Temperatur erhöht. Hierbei wird bei einer Gate-AN-Dauer beispielsweise von 1 msec die im Kondensator geladene Energie vollständig abgegeben. Hierbei fließt als Lampenstrom ein Strom von ca. 2000 A, und aus der Blinklampe **5** wird Licht ausgestrahlt. Durch das Licht, welches von der Blinklampe **5** ausgestrahlt wird, wird die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** schnell bis auf 1300 °C erhöht. Bei diesem Ausführungsbeispiel erhöht sie sich von RT bis 500 °C in einer Minute und wird danach bei 500 °C 30 Sekunden lang gehalten. Danach wird die Blinklampe **5** nach dem Trigger-Signal betrieben. Bei diesem Betrieb wurde das Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** erst 40 µsec eingeschaltet, und danach wurde 13 Zyklen von 10 µsec AN und 10 µsec AUS wiederholt.

[0075] Zu diesem Zeitpunkt (Zeitpunkt, zu welchem ab der Eingabe des Trigger-Signals insgesamt 300 µsec abgelaufen sind) erreicht die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 800 °C. Als nächstes wird das Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** 1 msec lang eingeschaltet und die im Kondensator geladene Energie vollständig abgegeben.

Hierdurch erreicht die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 1300 °C. Nachdem diese Temperatur erreicht ist, bei welcher der Halbleiterwafer **3** behandelt wird, sinkt sie wieder ab.

[0076] Bei diesem Ausführungsbeispiel war ein Gate-AN-Signal zum Öffnen des Gates des IGBT-Elementes **25** von größer/gleich 40 µsec und kleiner/gleich 100 µsec ausreichend, um eine Verbreiterung des Lichtbogens über die gesamte Blinklampe **5** zu erreichen.

[0077] Es genügt, wenn der Impuls, welcher als Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** zugeführt wird, beim AN-Signal bei größer/gleich 10 µsec und kleiner/gleich 80 µsec und beim AUS-Signal bei größer/gleich 10 µsec und kleiner/gleich 30 µsec liegt, und wenn die gesamte Dauer bei 1 msec bis 100 msec liegt. Für die Hauptentladung der Blinklampe **5** kann mit einem Gate-Signal, welches dem IGBT-Element **25** zugeführt wird, von 0.1 msec bis 10 msec die zu erzielende Temperatur von 1300 °C erreicht werden. Nachdem die zu erzielende Temperatur von 1300 °C erreicht wurde, sinkt sie über 1 msec bis 100 msec bis 500 °C ab.

[0078] Zur Bestätigung der Wirkung der Erfindung wurde unter der Bedingung, dass die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 1500 °C erreicht, ein Versuch einer Lichtbestrahlung des Halbleiterwafers **3** mit der Blinklampe **5** durchgeführt. Der für den Versuch verwendete Halbleiterwafer **3** ist ein Si-Halbleitersubstrat mit einem Durchmesser von 200 mm und einer Dicke von 725 µm. Als Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten wurde eine Vorrichtung verwendet, mit welcher man einen Halbleiterwafer **3** mit einem Durchmesser von 200 mm auf gleichmäßige Weise bestrahlen kann. Als erstes wurde mit dem herkömmlichen Bestrahlungsverfahren mit den folgenden Bedingungen bestrahlt: Die Vorwärmungstemperatur durch die Heizplatte lag bei 400 °C, die AN-Dauer des Entladestroms der Blinklampe **5** bei 1 ms und der Spitzenstrom bei 3000 A.

[0079] Es wurden fünf Halbleiterwafer **3** unter denselben Bedingungen bestrahlt, wobei drei von diesen sich verformten und zwei zerbrachen. Bei der herkömmlichen Lichtbestrahlung, bei welcher man die Blinklampe **5** mit dieser einmaligen AN-Zeit betreibt und somit ihre Temperatur erhöht, trat immer eine Rissbildung oder eine Verformung des Halbleiterwafers **3** auf.

[0080] Als nächstes wurde unter Anwendung der Erfindung eine Lichtbestrahlung des Halbleiterwafers **3** durchgeführt. Unter den Bedingungen einer Vorwärmungstemperatur von 400 °C durch die Heizplatte **2** und einer Anfangs-AN-Dauer des Entladestroms der Blinklampe **5** von 40 µs gemäß [Fig. 5](#) wurde un-

ter Verwendung des IGBT-Elementes **25** das Lichtbogen-Wachstum der Blinklampe **5** sichergestellt, und danach wurde ein Zyklus von 10 μ s AN und 10 μ s AUS dreizehn Mal wiederholt. Anschließend ließ man einen Spitzenstrom von 2500 A fließen und ließ ca. 1 ms lang eingeschaltet. Hierdurch erreichte die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 1500 °C. Als Folge einer Bestrahlung von fünf Halbleiterwafern **3** unter diesen Bedingungen trat bei allen fünf Halbleiterwafern **3** weder eine Verformung noch Rissbildung auf.

[0081] [Fig. 6](#) zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines weiteren Temperaturerhöhungsmusters der Erfindung. (I) bis (VI) zeigen jeweils wie [Fig. 5](#) die Relation zwischen der Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiters **3** und der Zeit, dem Timing der Zufuhr des dem IGBT-Element zuzuführenden Gate-Signals und des Trigger-Signals, das Signal zum Starten der Ladung des Ladungs-Kondensators, die Lampenspannung sowie den Lampenstrom.

[0082] [Fig. 6](#) ist bis zu einem Zeitpunkt c, zu welchem das Trigger-Signal der Blinklampe **5** eingegeben wird, mit [Fig. 5](#) identisch. Die Breite des Impulses, welcher als Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** als erstes zugeführt wird, liegt wie im Fall von [Fig. 5](#) bei 40 μ sec. Danach wird bei diesem Ausführungsbeispiel das IGBT-Element **25** mit dem ersten Treibersignal angetrieben, bis die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 800 °C erreicht, und man führt den Betrieb in der Weise durch, dass das Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** 10 μ sec eingeschaltet und 10 μ sec ausgeschaltet wird. Danach wird ferner in der Weise betrieben, dass die AN-Dauer des Gate-Signals bei 20 μ sec und die AUS-Dauer bei 10 μ sec liegt. Man erhöht die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** bis auf 1050 °C.

[0083] Als nächstes wird das IGBT-Element **25** mit dem zweiten Treibersignal angetrieben und die AN-Dauer des Gate-Signals lang gemacht, das heißt auf 1 msec festgelegt, wodurch die innerhalb des Kondensators gespeicherte Energie vollständig für die Entladung der Blinklampe **5** abgegeben und die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** bis auf 1300 °C erhöht wird. Danach wird sie bis zu einer Temperatur von 500 °C gesenkt, welche durch die Vorwärmung durch die Heizplatte **2** erreicht wurde. In diesem Ausführungsbeispiel kann man durch die Veränderung des Musters des Gate-Signals des IGBT-Elementes **25** das Muster der Temperaturerhöhung der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** regeln.

[0084] [Fig. 7](#) zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel eines weiteren Temperaturerhöhungsmusters der Erfindung. (I) bis (VI) zeigen wie [Fig. 5](#) die Relation zwischen der Temperatur der alleräußersten Oberflä-

che des Halbleiterwafers **3** und der Zeit, dem Timing beim Eingeben des dem IGBT-Element zuzuführenden Gate-Signals und des Trigger-Signals, das Signal zum Starten der Ladung des Ladungs-Kondensators, die Lampenspannung sowie den Lampenstrom. [Fig. 7](#) ist ebenfalls bis zu einem Zeitpunkt c, zu welchem das Trigger-Signal der Blinklampe **5** zugeführt wird, mit [Fig. 5](#) identisch.

[0085] Das IGBT-Element **25** wird mit dem ersten Treibersignal angetrieben, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel die Breite des Impulses, welcher als Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** als erstes eingegeben wird, wie im Fall von [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) bei 40 μ sec liegt. Dadurch, dass man das danach einzugebende Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** 10 μ s lang einschaltet, 10 μ s ausschaltet, 20 μ s einschaltet und 10 μ s ausschaltet, wird die Zeit, bis die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** 800°C erreicht, verkürzt.

[0086] Danach wird das Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** 20 μ sec eingeschaltet, und die AUS-Dauer des sich hieran anschließenden Gate-Signals wird auf 20 μ s festgelegt, wodurch die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** sich bis auf 1000 °C erhöht. Ferner wird nach einer AUS-Dauer von 10 μ sec das IGBT-Element **25** mit dem zweiten Treibersignal angetrieben, wodurch die AN-Dauer des Gate-Signals sich verlängert, das heißt, sie liegt somit bei 1 msec. Hierdurch wird die innerhalb des Kondensators gespeicherte Energie vollständig für die Entladung der Blinklampe **5** abgegeben, und die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** wird bis auf 1300 °C erhöht. Danach wird sie bis zu einer Temperatur von 500 °C gesenkt, welche durch die Vorwärmung durch die Heizplatte **2** erreicht wurde. Durch die Veränderung der AN-Dauer des Gate-Signals des IGBT-Elementes **25** auf diese Weise kann man das Muster der Temperaturerhöhung der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** regeln.

[0087] [Fig. 8](#) zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel eines weiteren Temperaturerhöhungsmusters der Erfindung. (I) bis (VI) zeigen wie [Fig. 5](#) die Relation zwischen der Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** und der Zeit, dem Timing zum Eingeben des dem IGBT-Element zuzuführenden Gate-Signals und des Trigger-Signals, das Signal zum Starten der Ladung des Ladungs-Kondensators, die Lampenspannung sowie den Lampenstrom.

[0088] [Fig. 8](#) ist ebenfalls bis zu einem Zeitpunkt c, zu welchem das Trigger-Signal der Blinklampe **5** eingegeben wird, mit [Fig. 5](#) und dergleichen identisch.

[0089] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das erste Treibersignal, welches als Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** als erstes eingegeben wird, ein Einzel-

pulssignal. Das heißt, dadurch, dass man das Gate-Signal des IGBT-Elementes **25** $110\ \mu\text{s}$ einschaltet, wird die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** bis auf 900°C erhöht.

[0090] Ferner wird nach einer AUS-Dauer von $10\ \mu\text{sec}$ das IGBT-Element **25** mit dem zweiten Treiber-signal angetrieben, wodurch die AN-Dauer des Gate-Signals verlängert wird, das heißt, sie liegt somit bei $1\ \text{msec}$. Hierdurch wird die innerhalb des Kondensators gespeicherte Energie vollständig für die Entladung der Blinklampe **5** abgegeben, und die Temperatur der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** wird bis auf $1300\ ^\circ\text{C}$ erhöht. Danach wird sie bis zu einer Temperatur von $500\ ^\circ\text{C}$ gesenkt, welche durch die Vorwärmung durch die Heizplatte erreicht wurde. Durch die Veränderung der AN-Dauer des Gate-Signals des IGBT-Elementes **25** auf diese Weise kann man das Muster der Temperaturerhöhung der alleräußersten Oberfläche des Halbleiterwafers **3** regeln.

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 2002-198322 A [\[0002\]](#)
- JP 2001-319887 A [\[0002\]](#)
- US 2002-0179589 A [\[0002\]](#)
- WO 03/085343 A [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten, bei welcher man mit einer Lampe Substrate erwärmt, welche umfasst:

- eine Stromquelle;
- einen Kondensator, welcher durch die Stromquelle geladen wird;
- eine Blinklampe, welche durch die elektrische Ladung entlädt, die in dem Kondensator gespeichert wurde;
- eine Induktanz, welche zwischen dem Kondensator und der Blinklampe angeschlossen ist; sowie
- eine Trigger-Vorrichtung zum Starten einer Entladung in der Blinklampe,

dadurch gekennzeichnet,

dass sie umfasst:

- eine Diode, welche parallel zu einer Reihenschaltung aus der Blinklampe und der Induktanz angeschlossen ist,
- ein Halbleiterschalter, welcher an die Blinklampe in Reihe geschaltet ist, sowie
- ein Regelglied zur Regelung des Ein- und Ausschaltens des Halbleiterschalters, worin das Regelglied eine Treiberschaltung aufweist, welche ausgebildet ist, ein erstes Treibersignal auszugeben, das den Halbleiterschalter wenigstens einmal ein- und ausschaltet, nachdem der Trigger Vorrichtung ein Trigger-Signal eingegeben wurde, sowie ein zweites Treibersignal auszugeben, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, und worin die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, länger ist als die Dauer, während derer der Halbleiterschalter durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen eingeschaltet wird.

2. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine zweite Erwärmungsvorrichtung aufweist, die auf einer der Blinklampe entgegengesetzten Seite des zu erwärmenden Substrates angeordnet ist.

3. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Treibersignal ein AN-AUS-Signal ist, bei welchem ein AN-Signal, welches den Halbleiterschalter in einen AN-Zustand versetzt, sowie ein AUS-Signal, das ihn in einen AUS-Zustand versetzt, mehrere Male wechselweise erzeugt werden.

4. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie ausgebildet ist, das Tastverhältnis des AN-AUS-Signals [Dauer des AN-Signals/(Dauer des AN-Signals + Dauer des AUS-Signals)] innerhalb einer Dauer zu verändern, während welcher das erste Treibersignal ausgegeben wird.

5. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Halbleiterschalter ein Bipolartransistor mit isoliertem Gate (IGBT-Element) ist.

6. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Blitzlampen aufweist.

7. Vorrichtung zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Blitzlampen solche mit geradlinigen Leuchtröhren sind, die parallel zueinander und parallel zu einem Reflektor angeordnet sind, um Licht in Richtung auf das zu erwärmende Substrat zu reflektieren.

8. Verfahren zur Erwärmung von Substraten, bei welchem man durch eine Eingabe eines Trigger-Signals von einer Triggervorrichtung eine Entladung einer Blinklampe startet und danach einen an die Blinklampe in Reihe geschalteten Halbleiterschalter einschaltet, bei welchem man in der Blinklampe Strom fließen lässt und sie somit betreibt, und bei welchem man durch eine Bestrahlung mit Licht der Blinklampe das Substrat erwärmt, dadurch gekennzeichnet, dass man dem Halbleiterschalter ein erstes Treibersignal, welches den Halbleiterschalter wenigstens ein- und ausschaltet, sowie ein zweites Treibersignal sendet, das nach der Ausgabe des ersten Treibersignals den Halbleiterschalter nur einmal einschaltet, wodurch man die Blinklampe betreibt, wobei die Dauer, während welcher das zweite Treibersignal den Halbleiterschalter einschaltet, länger ist als die Dauer, während derer der Halbleiterschalter durch eines der Treibersignale von den ersten Treibersignalen eingeschaltet wird.

9. Verfahren zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass man durch das zweite Treibersignal die Oberflächentemperatur des Substrates bis zu einer gewünschten Temperatur erhöht, welche höher ist als die Oberflächentemperatur, die durch das erste Treibersignal erhalten wurde.

10. Verfahren zur Erwärmung von Substraten nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass man durch das erste Treibersignal die Substrattemperatur in der Weise erhöht, dass der Unterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche des Substrates und der Temperatur in Richtung der von der bestrahlten Oberfläche des Substrats abgewandten Seite bei mindestens einem Temperaturunterschied liegt, bei welchem eine Ionendiffusion nicht über das gesamte Substrat stattfindet, und dass ein Temperaturunterschied eingehalten wird, bei dem durch eine thermische Unregelmäßigkeit kein negativer Einfluss auf das Substrat ausgeübt

wird.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Fig. 1(a)

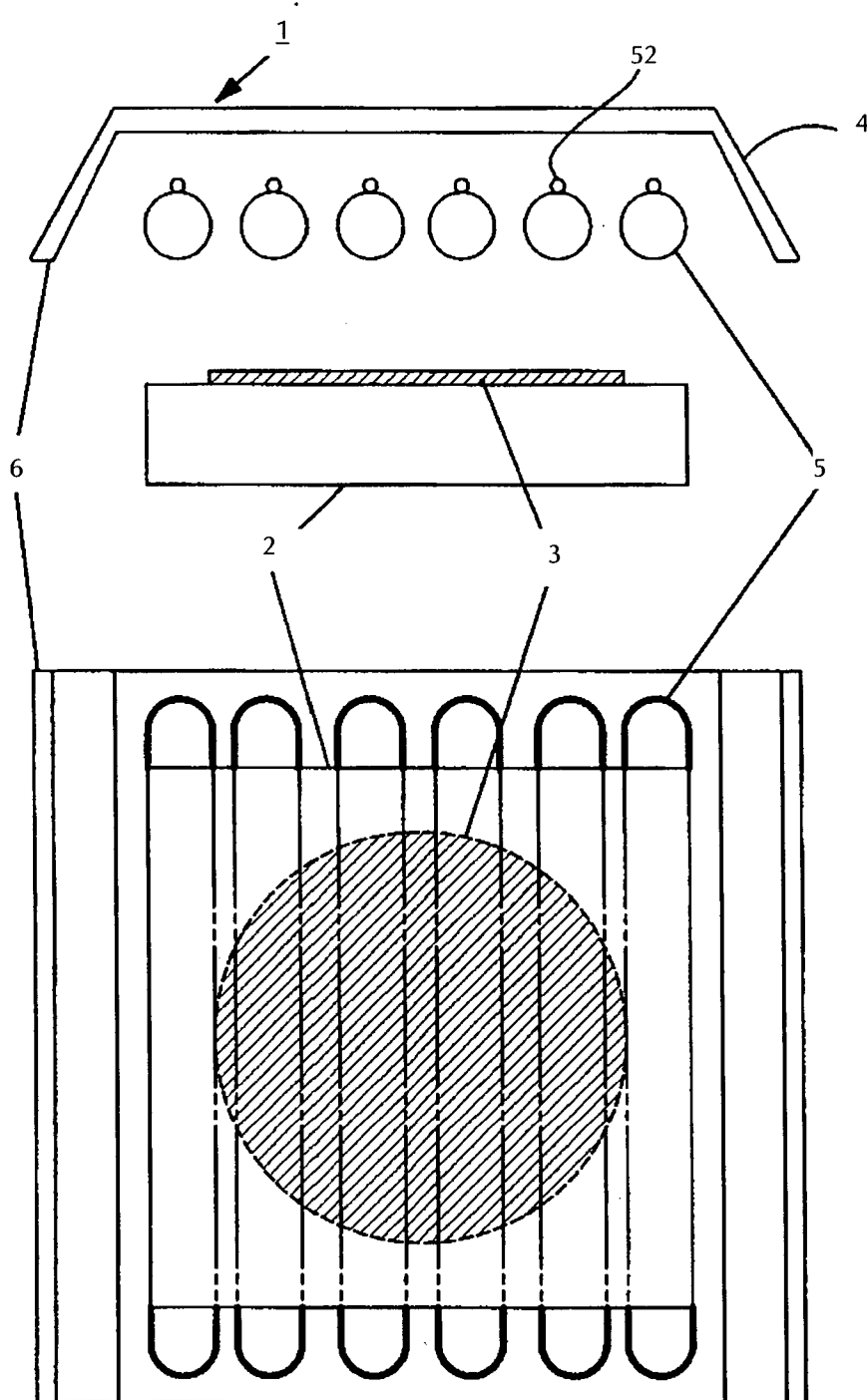


Fig. 1(b)

Fig. 2

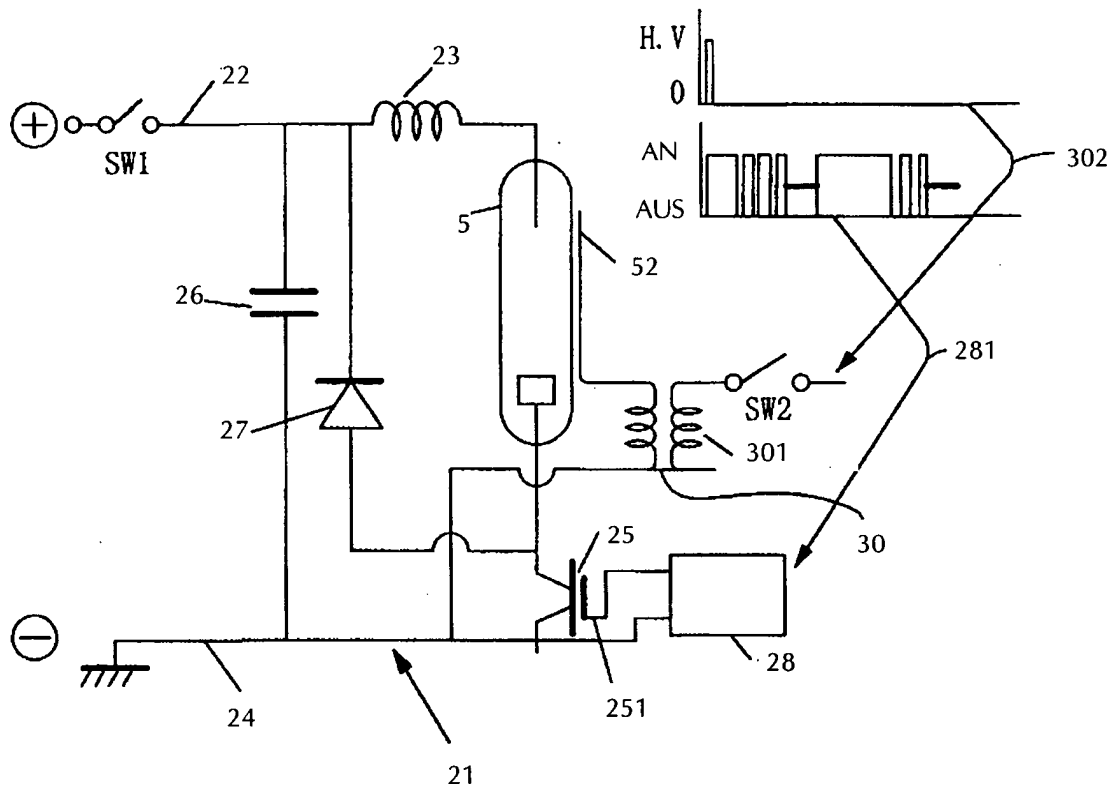


Fig. 3

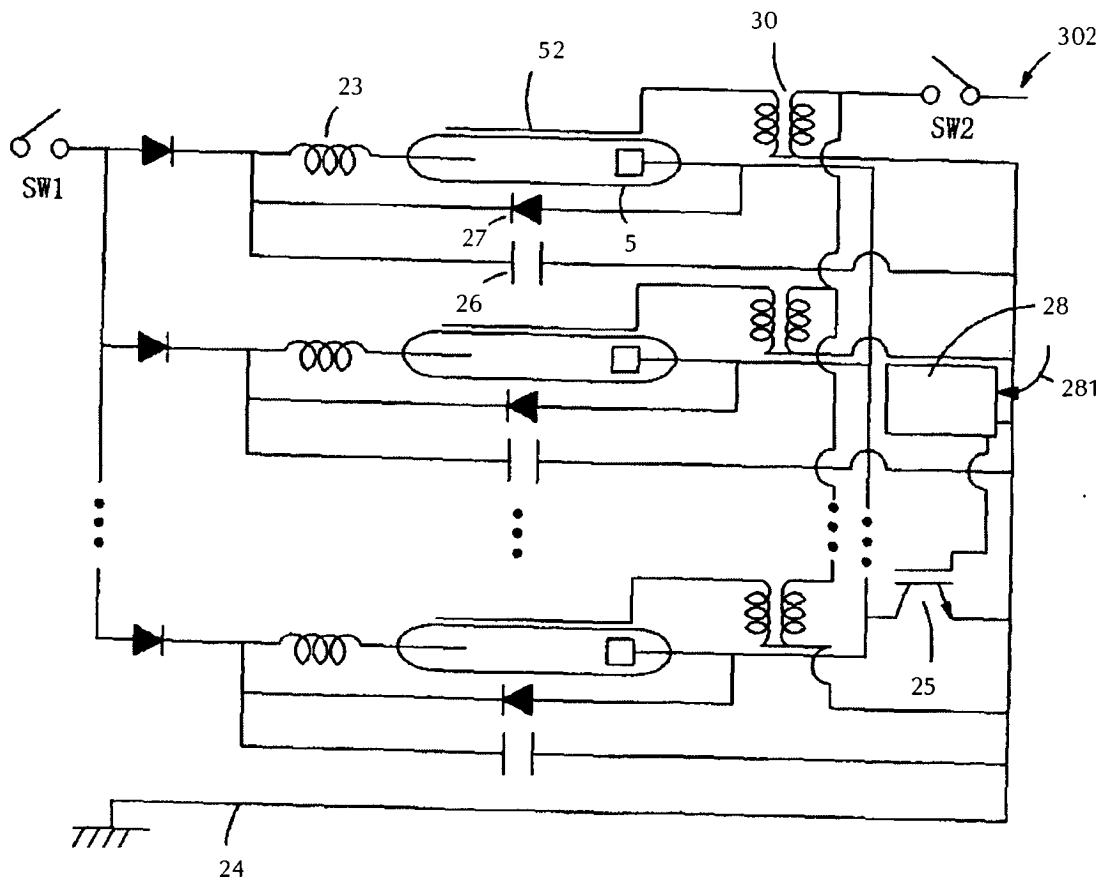


Fig. 4(a)

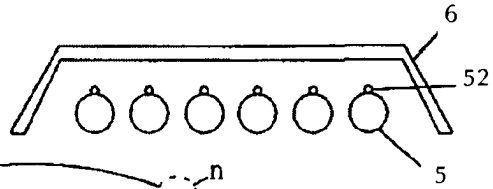


Fig. 4(b)

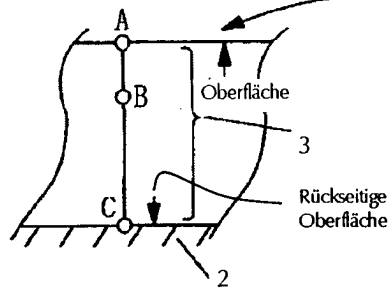


Fig. 4(c)

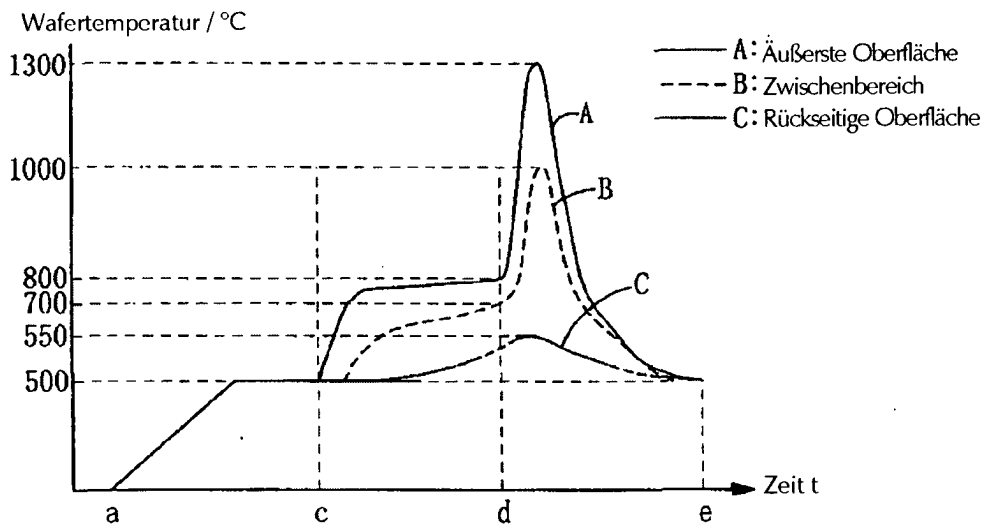


Fig. 4(d)

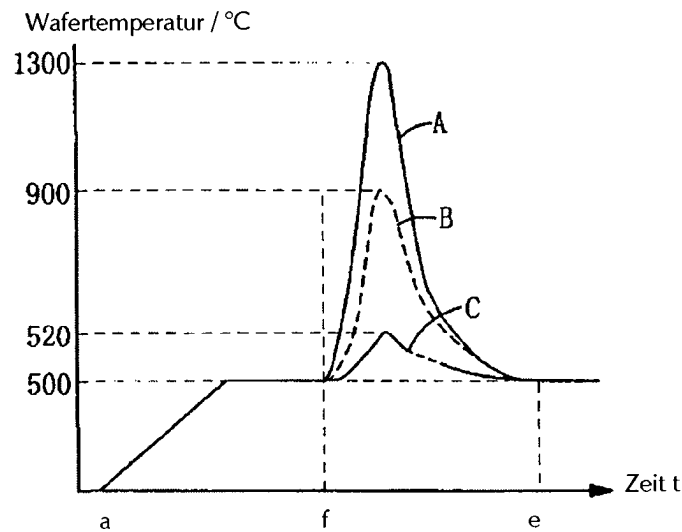


Fig. 5

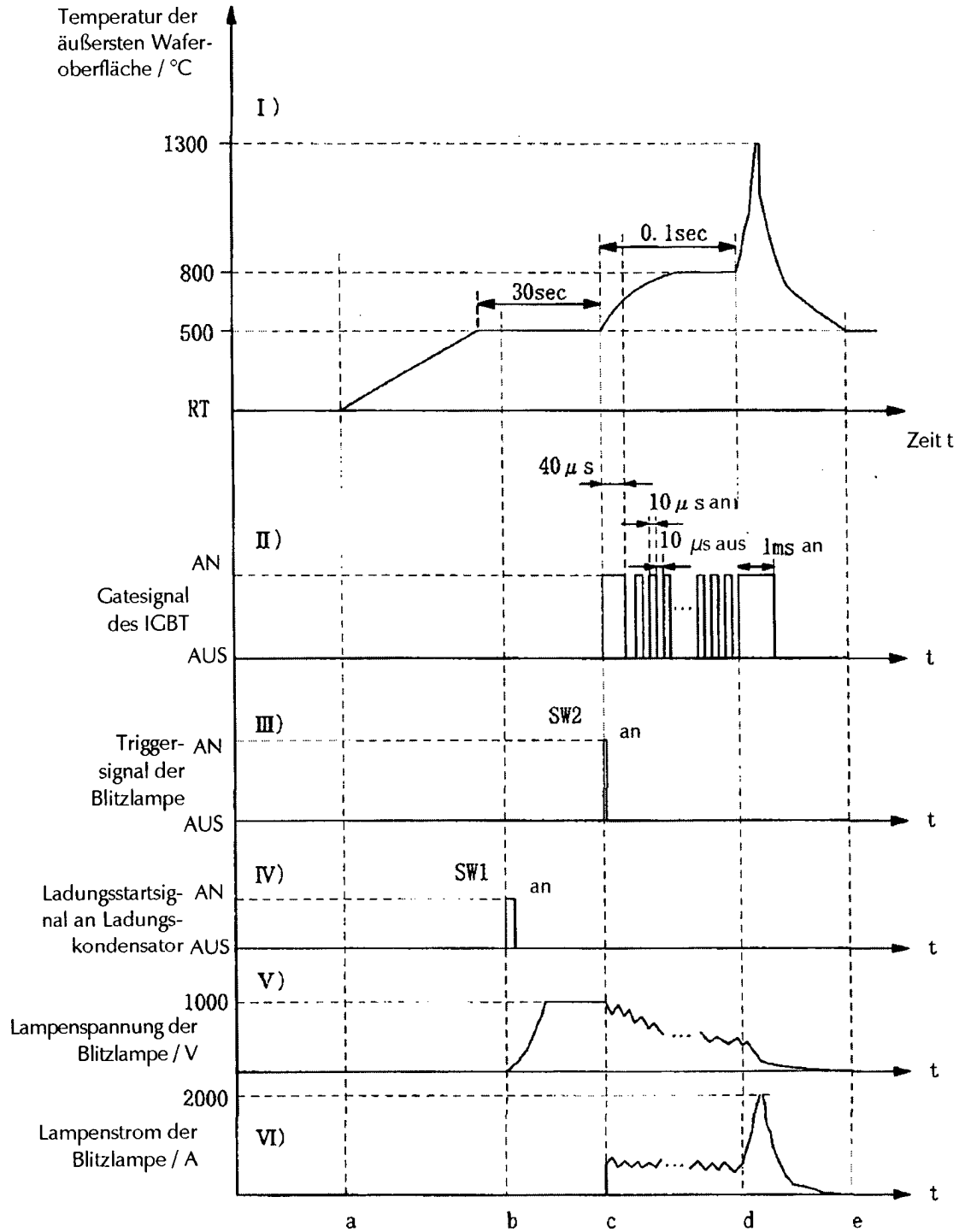


Fig. 6

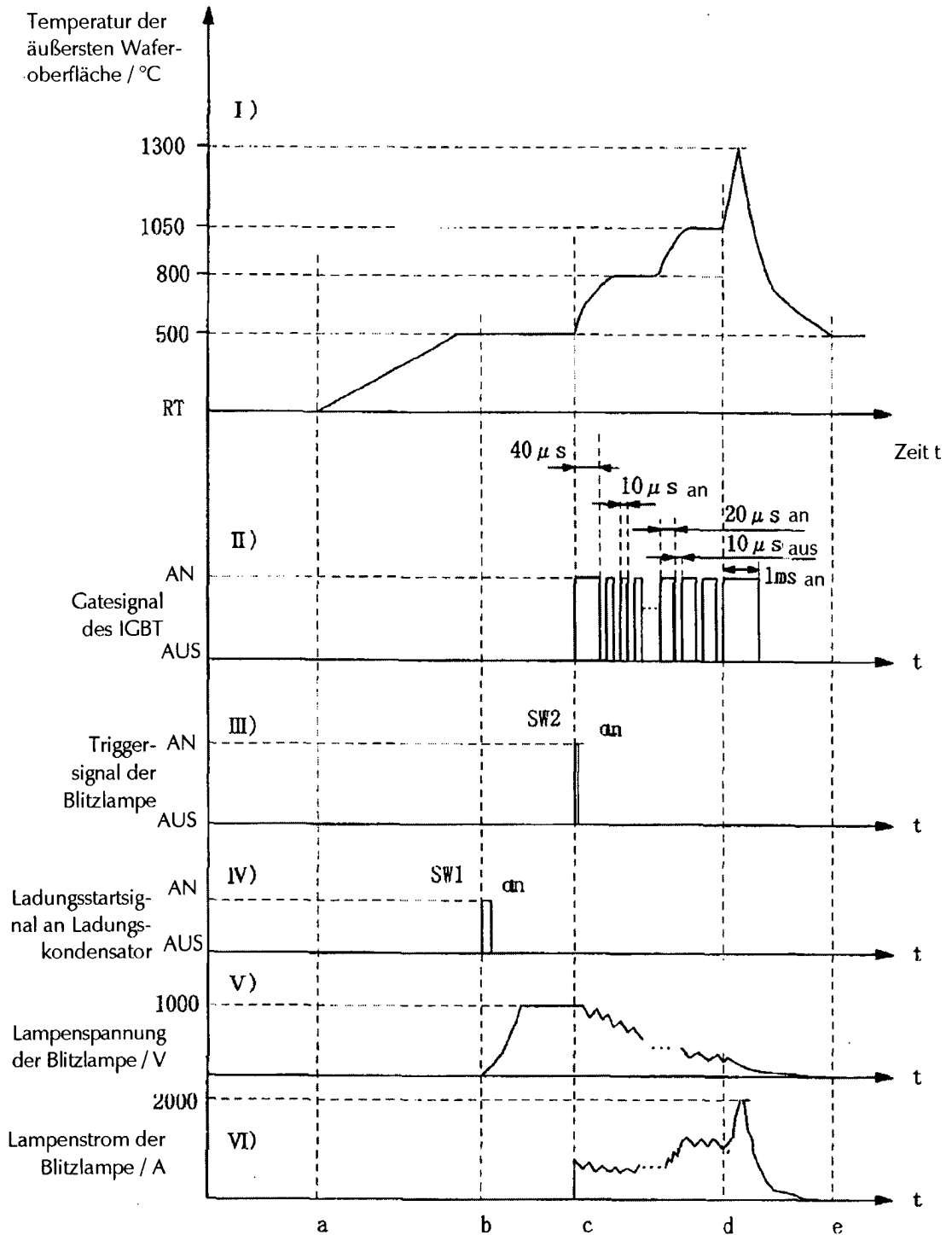


Fig. 7

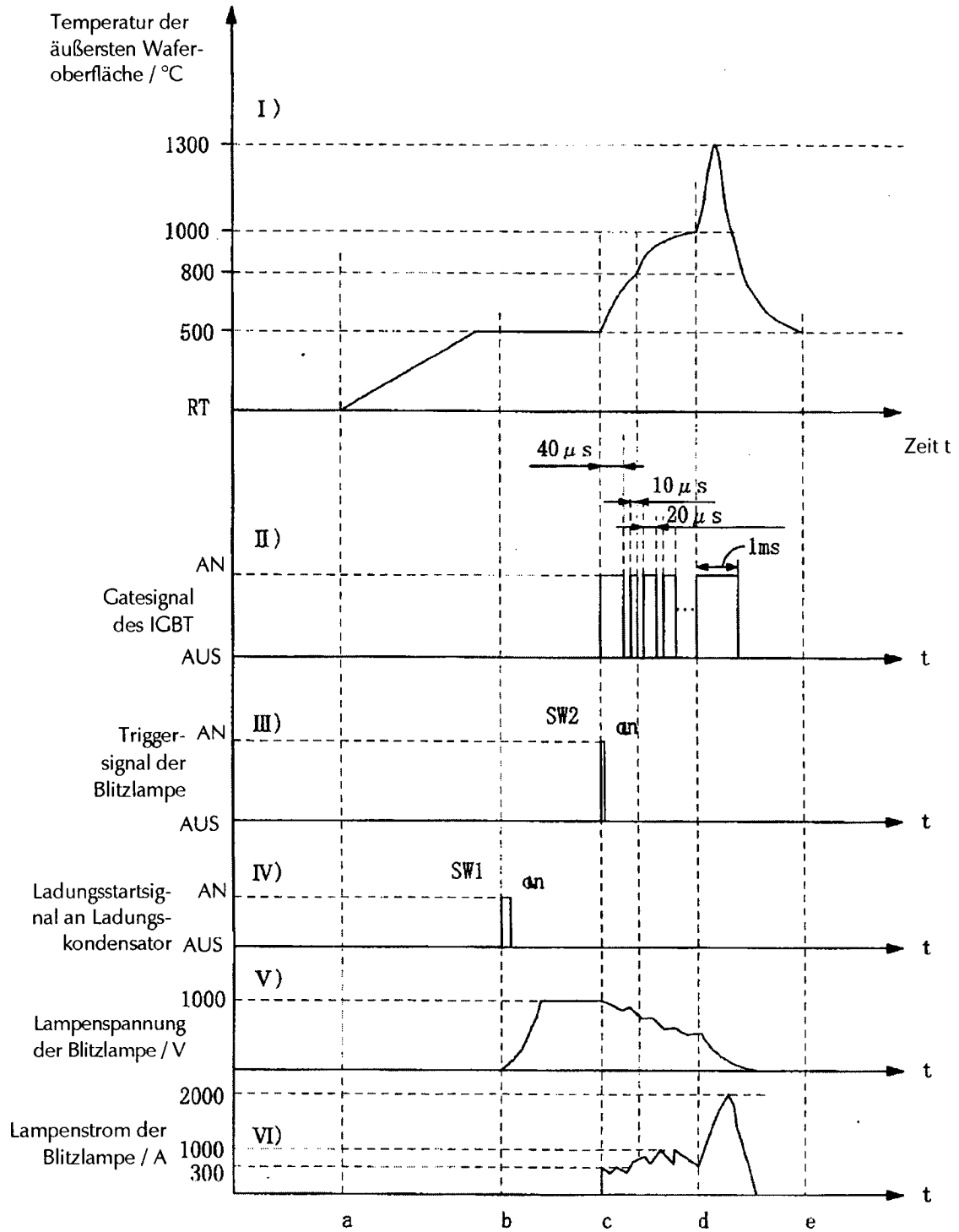


Fig. 8

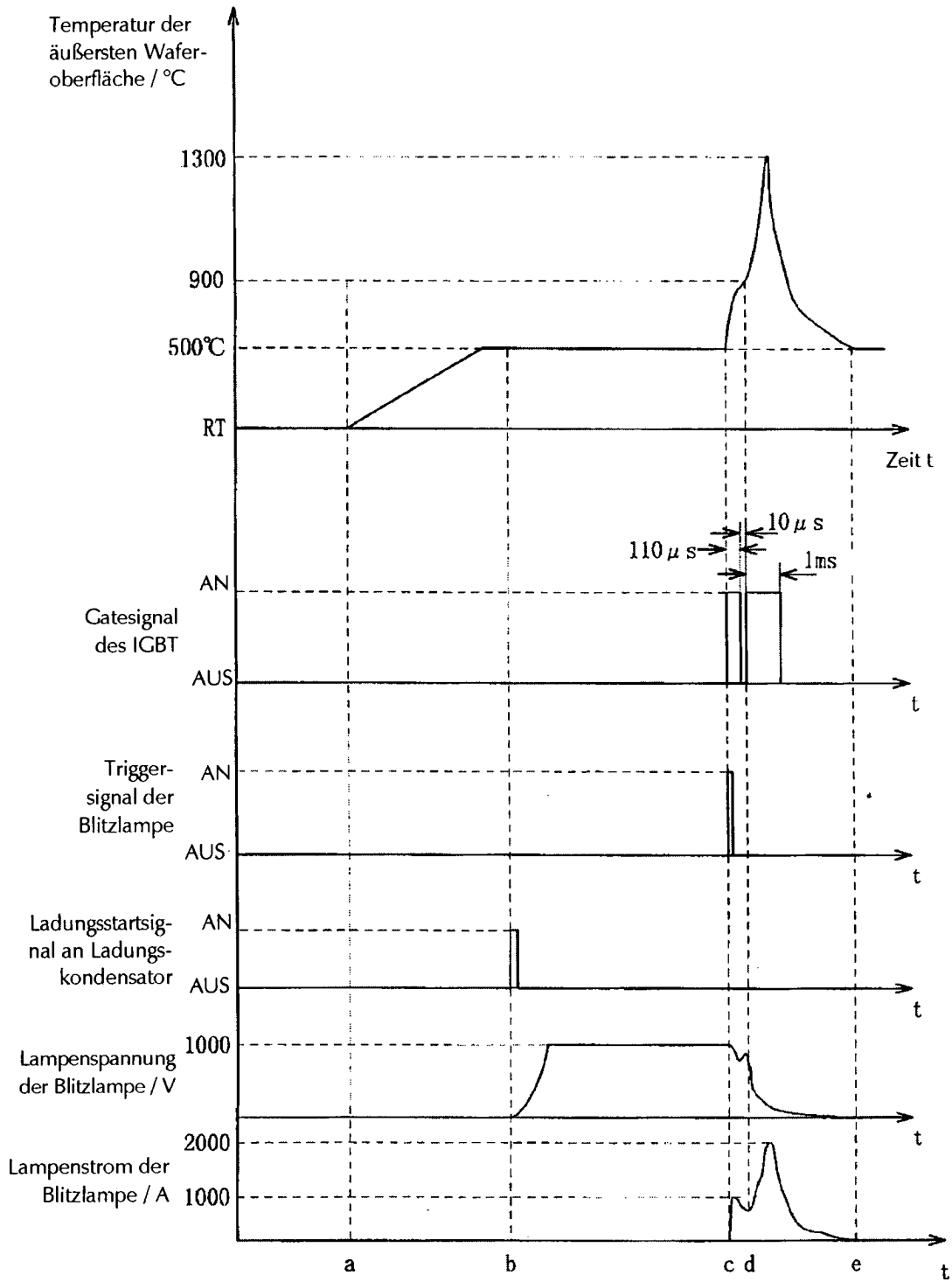


Fig. 9 (Stand der Technik)

