



(10) **DE 10 2016 123 714 A1** 2017.06.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 123 714.0**

(22) Anmeldetag: **07.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **08.06.2017**

(51) Int Cl.: **H01L 21/265** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

14/962,835 **08.12.2015** **US**

(71) Anmelder:

Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE

(74) Vertreter:

**Puschmann Borchert Bardehle Patentanwälte
Partnerschaft mbB, 82041 Oberhaching, DE**

(72) Erfinder:

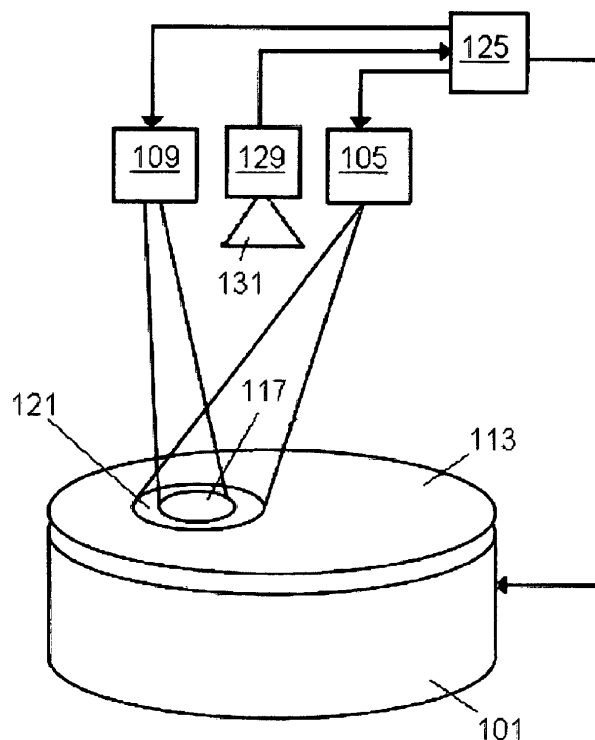
**Jelinek, Moriz, Villach, AT; Laven, Johannes
Georg, 82024 Taufkirchen, DE; Schulze, Hans-
Joachim, 82024 Taufkirchen, DE; Schustereder,
Werner, Villach, AT**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren für die Ionenimplantation**

(57) Zusammenfassung: Es werden eine Vorrichtung und ein Verfahren für das Implantieren von Ionen offenbart. Bei einer Ausführungsform enthält die Vorrichtung eine Aufnahme, die konfiguriert ist zum Stützen des Wafers, eine Dotierstoffquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Dotierstoffen an ein Implantationsgebiet des Wafers, und eine Strahlungsquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Bestrahlen des Implantationsgebiets.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft das Herstellen von Halbleiterbauelementen und insbesondere die Ionenimplantation auf einem Wafer für das Herstellen von Halbleiterbauelementen.

[0002] Beim Herstellen von Halbleiterbauelementen auf einem Wafer beeinflusst eine Temperatur des Wafers die Akzeptanz und/oder das Ausheilen von Atomen und/oder Ionen, die bei der Ionenimplantation verwendet werden, um Dotiermittel auszubilden.

[0003] Herkömmlicherweise wird ein Chuck, der den Wafer während der Ionenimplantation stützt, gekühlt, um durch die auftreffenden Ionen induzierte Wärmeenergie zu entfernen. Es gibt jedoch einige Anwendungen, die einen geheizten Chuck erfordern, um während der Bearbeitung eine gewisse Wafertemperatur festzulegen. Das Erhitzen des Chucks kann jedoch auf den Wafer eine unerwünschte mechanische Beanspruchung induzieren. Weiterhin muss ein weiteres Erhitzen des Wafers möglicherweise auf Temperaturen begrenzt werden, die ausreichend niedrig sind, um eine Stabilität von in vorausgegangenen Herstellungsschritten auf dem Wafer ausgebildeten Strukturen nicht zu gefährden. Eine Implementierung einer Ionenimplantation, die eine erhöhte Wafertemperatur erfordert, kann sogar aus einigen Prozessen ausgeschlossen sein. Beispielsweise könnte ein an einen Glasträger geklebter dünner Wafer von der oben beschriebenen Ionenimplantationstechnik ausgeschlossen sein. Wenn ein Chuck als eine Wärmequelle verwendet wird, würde sich die Wärme durch den Glasträger, eine Klebstoffschicht, eine Strukturschicht, falls anwesend, eine Substratschicht und eine gegenwärtig verarbeitete Strukturschicht ausbreiten müssen, die der Ionenquelle zugewandt ist, bevor sie den Abschnitt des Materials erreicht, der Dotierstoffe von der Ionenquelle akzeptieren soll. Da eine typische Klebstoffschicht jedoch bei der herkömmlichen Ionenimplantation typischen Temperaturen nicht exponiert werden darf, kann eine derartige Ionenimplantation nicht verwendet werden.

[0004] Es kann wünschenswert sein, eine Vorrichtung zur Verwendung beim Herstellen von Halbleiterbauelementen bereitzustellen, die gegenüber einer herkömmlichen Vorrichtung eine Verbesserung darstellt.

[0005] Es könnte auch wünschenswert sein, ein Verfahren der Ionenimplantation zur Verwendung beim Herstellen von Halbleiterbauelementen bereitzustellen, das eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen Verfahren darstellt.

[0006] Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung bereitgestellt, die Folgendes umfasst: eine Aufnahme, die konfiguriert

ist zum Stützen eines Wafers, eine Dotierstoffquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Dotierstoffen an ein Implantationsgebiet des Wafers, und eine Strahlungsquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Bestrahlen des Implantationsgebiets. In einem Aspekt wird ein Verfahren, wie in dem unabhängigen Verfahrensanspruch definiert, bereitgestellt. Bei anderen Aspekten wird eine Vorrichtung, wie in den unabhängigen Vorrichtungsansprüchen definiert, bereitgestellt. Die unabhängigen Ansprüche definieren die Erfindung in verschiedenen Aspekten. Die abhängigen Ansprüche definieren Ausführungsformen gemäß der Erfindung in einem oder mehreren Aspekten. Es ist anzumerken, dass Merkmale dieser Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch etwas anderes angemerkt ist. Beispielsweise können Merkmale einer Ausführungsform der Vorrichtung verwendet werden, um Schritte einer Ausführungsform des Verfahrens durchzuführen.

[0007] Diese kurze Darstellung wird in dem Verständnis unterbreitet, dass sie nicht zum Auslegen oder Begrenzen des Schutzbereichs oder der Bedeutung der Ansprüche verwendet wird. Diese kurze Darstellung soll keine wichtigen Merkmale oder essentiellen Merkmale des beanspruchten Gegenstands identifizieren, noch soll sie als eine Hilfe beim Bestimmen des Schutzbereichs des beanspruchten Gegenstands verwendet werden.

[0008] Es werden auch andere Verfahren, Vorrichtungen und Systeme offenbart. Der Fachmann erkennt bei der Lektüre der folgenden ausführlichen Beschreibung und bei der Betrachtung der beiliegenden Zeichnungen zusätzliche Merkmale und Vorteile.

[0009] Ein vollständiges Verständnis der vorliegenden Offenbarung kann unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen bei Betrachtung in Verbindung mit der nachfolgenden detaillierten Beschreibung gewonnen werden. Zuerst werden die Zeichnungen kurz beschrieben:

[0010] Fig. 1 ist eine vordere Perspektivansicht einer Ausführungsform gemäß der Offenbarung in einem ersten Aspekt;

[0011] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einiger Ausführungsformen;

[0012] Fig. 3 ist ein Diagramm, das eine Beziehung von physikalischen Eigenschaften in einem Beispiel gemäß einiger Ausführungsformen zeigt; und

[0013] Fig. 4 ist ein Diagramm, das Dynamiken von physikalischen Eigenschaften in einem Beispiel gemäß einiger Implementierungen zeigt.

[0014] Aus Gründen der Klarheit und Kürze tragen gleiche Elemente und Komponenten die gleichen Bezeichnungen und Nummerierung in den Figuren.

[0015] Als Nächstes werden veranschaulichende Ausführungsformen im Detail beschrieben. In einem Aspekt umfasst die Offenbarung eine Vorrichtung für die Ionenimplantation in einen Wafer. **Fig. 1** ist eine vordere Perspektivansicht einer Ausführungsform gemäß der Offenbarung in einem ersten Aspekt. Die Vorrichtung umfasst eine Aufnahme **101**, die konfiguriert ist zum Stützen des Wafers. Bei einigen Ausführungsformen, wie in **Fig. 1** gezeigt, ist die Aufnahme als ein Chuck vorgesehen. Die Vorrichtung umfasst eine Dotierstoffquelle **109**, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Dotierstoffen an ein Implantationsgebiet **117** zwischen der Aufnahme **101** und der Dotierstoffquelle **109**. Bei einigen Ausführungsformen ist die Dotierstoffquelle **109** eine Ionenquelle, die konfiguriert ist zum Beschleunigen von Ionen und Ausstoßen eines Ionenstrahls in der Richtung des Implantationsgebiets **117**. Beispielsweise ist die Ionenquelle konfiguriert zum Ausbilden eines Ionenstrahls mit einer Leistung von 1 W bis einigen wenigen kW. Die Vorrichtung **100** umfasst eine Strahlungsquelle **105**, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Strahlung in der Richtung des Implantationsgebiets **117**. Bei einigen Ausführungsformen ist die Strahlungsquelle **105** konfiguriert zum Bestrahlen des durch die Aufnahme **101** gestützten Wafers **113** in einem bestrahlten Gebiet **121**, das das Implantationsgebiet **117** einschließt. Während in **Fig. 1** das Implantationsgebiet **117** so gezeigt ist, dass es im Wesentlichen kreisförmig ist, kann der Fachmann die Dotierstoffquelle so implementieren, dass einem Gebiet mit irgendeiner anderen Gestalt die Dotierstoffe bereitgestellt werden. Gleichmaßen kann, während in **Fig. 1** das Bestrahlungsgebiet **121** als im Wesentlichen kreisförmig gezeigt ist, der Fachmann die Strahlungsquelle so implementieren, dass ein Gebiet mit irgendeiner anderen Gestalt bestrahlt wird. Dementsprechend erstreckt sich bei einigen Ausführungsformen das Implantationsgebiet ungefähr über den ganzen Wafer mit einer Streifengestalt. Gleichmaßen erstreckt sich bei einigen Ausführungsformen das Bestrahlungsgebiet ungefähr über den ganzen Wafer mit einer Streifengestalt. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Bestrahlungsgebiet das Implantationsgebiet vollständig.

[0016] Bei einigen Ausführungsformen ist die Strahlungsquelle **105** konfiguriert zum Emittieren elektromagnetischer Wellen, die durch den Wafer **113** absorbiert werden sollen. Bei einigen Ausführungsformen handelt es sich bei der Strahlungsquelle **105** um eine Halogenlampe, als Beispiel, die Licht mit Wellenlängen im Wesentlichen in einem Bereich von 500 nm bis 10 μm emittiert. Bei einigen Ausführungsformen handelt es sich bei der Strahlungsquelle **105** um eine oder mehrere Leuchtdioden, als Beispiel, die Licht mit

Wellenlängen im Wesentlichen in einem Bereich von 230 nm bis 760 nm emittieren. Bei einigen Ausführungsformen handelt es sich bei der Strahlungsquelle **105** um einen Laser, als Beispiel, der Licht mit einer Wellenlänge von 308 nm, 528 nm, 532 nm oder 10,8 μm emittiert. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass ein Spektrum von Wellenlängen der von der Strahlungsquelle emittierten Strahlung gesteuert und/oder gewählt werden kann, um einen gewünschten Wärmetransport zu dem Wafer **113** in dem bestrahlten Gebiet **121** zu erzielen. Bei einigen Ausführungsformen wird ein Array von Leuchtdioden (nicht gezeigt) verwendet. Bei einigen Ausführungsformen wird ein Laserstrahl verwendet, um die Waferoberfläche seitlich zu beleuchten, wodurch beispielsweise das Bestrahlungsgebiet als ein Streifen geformt werden kann, der sich ungefähr über den ganzen Wafer erstreckt.

[0017] Einige Ausführungsformen umfassen weiterhin eine Steuereinheit **125**, die an die Strahlungsquelle **105** gekoppelt und konfiguriert ist zum Steuern der Strahlungsquelle **105**. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass Variationen von Prozessparametern, die herkömmlicherweise in einer Temperaturvariation seitlich über den Wafer **113** und/oder vertikal innerhalb des Wafers **113** resultieren, durch eine dynamische Steuerung der auf den Wafer **113** auftreffenden Strahlung kompensiert werden können. Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** an eine nicht gezeigte Ansteuereinheit der Aufnahme **101** und/oder eine nicht gezeigte Ansteuereinheit der Strahlungsquelle **105** gekoppelt. Die Steuereinheit **125** ist bei einigen Ausführungsformen konfiguriert zum Lenken einer Relativbewegung der Strahlungsquelle **105** relativ zu einer Oberfläche des Wafers **113**, d. h. im Implantationsgebiet **117**, um die Oberfläche des Wafers **113** mit einem Strahlungsstrahl wie etwa einem Lichtstrahl abzutasten.

[0018] Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle **105**, um eine gewisse Energiemenge zu liefern, die durch den Wafer **113** in Implantationsgebiet **117** absorbiert werden soll. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass die Strahlung zusätzlich zu Energie, die durch Dotierstoffe bereitgestellt wird, die das Implantationsgebiet **117** erreichen, Energie an den Wafer **113** im Implantationsgebiet **117** liefern kann.

[0019] Einige Ausführungsformen umfassen weiterhin einen Detektor **129**, der konfiguriert ist zum Detektieren einer Oberflächentemperatur des Wafers **113** im Implantationsgebiet **117**. Bei einigen Ausführungsformen umfasst der Detektor eine Linse **131** und ein Sensorelement (nicht gezeigt), das konfiguriert ist zum Empfangen von von der Oberfläche des Wafers **113** emittiertem Licht. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass auf der Basis eines Spek-

trums der empfangenen elektromagnetischen Strahlung eine Oberflächentemperatur des Wafers **113** abgeleitet werden kann. Auf der Basis der Oberflächentemperatur kann eine Körpertemperatur des Wafers insbesondere dann abgeleitet werden, wenn eine spezifische Wärmekapazität des Wafermaterials und/oder eine Temperatur an einer Rückseite des Wafers berücksichtigt wird, als Beispiel, wo gemessen oder wo durch Exposition gegenüber einem Kühlmittelreservoir geliefert.

[0020] Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle **109** auf der Basis der als eine Oberflächentemperatur des Wafers **113** detektierten Temperatur, insbesondere der Oberflächentemperatur im Implantationsgebiet **117**. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass eine Überhitzung des Wafers **113** vermieden werden kann, wo die Oberfläche, während sie einer Strahlung von der Strahlungsquelle **105** und/oder Dotierstoffen von der Dotierstoffquelle **109** ausgesetzt ist, eine vorbestimmte Temperatur übersteigt.

[0021] Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle **105**, um die bestimmte Energiemenge während einer vorbestimmten Dauer zu liefern. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass eine an den Wafer **113** gelieferte Wärmemenge ausreichend niedrig gewählt werden kann, um eine unnötige Beanspruchung einer Struktur, beispielsweise einer Halbleiterbauelementstruktur, zu vermeiden, die in und/oder auf dem Wafer, insbesondere in dem Implantationsgebiet **117**, ausgebildet ist. Dadurch kann das Risiko einer Beschädigung des Wafers **113**, insbesondere von auf dem Wafer **113** ausgebildeten Halbleiterbauelementen, aufgrund von zu viel Wärme reduziert werden.

[0022] Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle **105** auf der Basis einer spezifischen Wärmekapazität von Material des Wafers **113** im Implantationsgebiet. Bei einigen Ausführungsformen ist die Steuereinheit **125** konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle **105**, um die Strahlung in der Richtung des Implantationsgebiets **117** zu liefern, während die Dotierstoffquelle **109** die Dotierstoffe an das Implantationsgebiet **117** liefert. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass eine dem Wafer **113** im Implantationsgebiet **117** vermittelte Energiemenge aus Wärme von der Strahlung plus kinetischer Energie und/oder Wärmeenergie, die durch die Dotierstoffe von der Dotierstoffquelle **109** transportiert werden, bestehen kann.

[0023] Bei einigen Ausführungsformen ist die Aufnahme **101** konfiguriert zum Kühlen des Wafers. Wenn beispielsweise die Aufnahme **101** als ein

Chuck vorgesehen ist, kann ein Kühlsystem mit dem Chuck integriert werden und somit konfiguriert sein zum Kühlen des Wafers, d. h. insbesondere einer Rückseite des Wafers, die dem Chuck zugewandt ist, während Wärme an eine Vorderseite des Wafers geliefert wird, die der Strahlung von der Strahlungsquelle **105** und/oder den Dotierstoffen von der Dotierstoffquelle **109** exponiert ist. Der Chuck kann mit einem nicht gezeigten Röhrensystem versehen sein, das konfiguriert ist zum Aufnehmen eines Kühlmittels. Das Kühlmittel kann durch das Röhrensystem gepumpt werden, um einen Kühlkörper bereitzustellen. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass in dem Implantationsgebiet **117** des Wafers **113** gespeicherte Wärme und/oder, falls überhaupt von dem Implantationsgebiet **117** getrennt, in dem Bestrahlungsgebiet **121** des Wafers **113** gespeicherte Wärme durch eine Steuerung des Kühlmittelflusses gesteuert werden kann, wobei das Kühlmittel Wärme von dem Implantationsgebiet **117** und/oder dem Bestrahlungsgebiet **121** weg transportiert.

[0024] Bei einem Aspekt umfasst die Offenbarung ein Verfahren für die Ionenimplantation in einen Wafer. **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens gemäß einiger Ausführungsformen. Eine oder mehrere der wie folgt beschriebenen Handlungen können mit dem Verfahren gemäß einiger Ausführungsformen implementiert werden. Eine Vorrichtung gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen kann zum Implementieren des Verfahrens verwendet werden.

[0025] Bei S210 wird ein Wafer auf einer Aufnahme, beispielsweise auf einem Chuck, bereitgestellt. Bei einigen Implementierungen ist der Wafer entfernbar an einem Glasträger oder irgendeiner anderen stützenden Struktur wie etwa einem Folienträger befestigt. Beispielsweise ist der Wafer an den Glasträger geklebt. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass eine Ionenimplantation gemäß den hierin offenbarten Verfahren stattfindet, während der Wafer durch die Glasträgerplatte beispielsweise unter Verwendung einer Klebstoffschicht zwischen dem Wafer und dem Glasträger gestützt wird. Das Anlegen der Temperatur nur lokal und auf gut gesteuerte Weise durch das oben beschriebene Verfahren kann das Risiko reduzieren, dass sich der Wafer aufgrund von übermäßiger Erwärmung entlang der ganzen Waferoberfläche von der Trägerplatte trennt.

[0026] Bei S220 wird ein Implantationsgebiet gewählt, wo Ionen implantiert werden sollen. Je nach strukturellen Anforderungen muss beispielsweise eine Dotierstoffdosis im Bereich von 10^{11} Ionen/cm² bis 10^{18} Ionen/cm² implantiert werden. Das Implantationsgebiet kann eine beliebige Gestalt besitzen, die praktisch ist. Wenn beispielsweise eine Ionenquelle eine Schlitzöffnung besitzt, kann die Gestalt des Implantationsgebiets auf dem Wafer im Wesentlichen

rechteckig sein. Die Implantationsoberfläche kann zu einer Zeit eine Fläche beispielsweise im Bereich von 1 cm^2 bis zu einigen wenigen cm^2 umfassen.

[0027] Bei S230 wird eine Strahlungsquelle wie etwa ein Laser oder ein Diodenarray bereitgestellt, um Strahlung zum Implantationsgebiet zu lenken. Beispielsweise liegt in einem Bestrahlungsgebiet der Waferoberfläche eine Fläche, die zu einer Zeit bestrahlt wird, in einem Bereich von etwa $0,2 \text{ cm}^2$ bis 2 cm^2 . Bei einigen Implementierungen bedeckt ein Bestrahlungsgebiet auf dem Wafer, das durch die Strahlungsquelle bestrahlt werden soll, das Implantationsgebiet vollständig. Bei einigen Ausführungsformen fokussieren sich die Dotierstoffquelle und die Strahlungsquelle auf einen gleichen Punkt auf dem Wafer, der sich zu einer Zeit zentral zum Implantationsgebiet befindet. Bei einigen Implementierungen bedeckt das Bestrahlungsgebiet zu einer Zeit das vollständige Implantationsgebiet (z. B. den ganzen Wafer) teilweise, doch wird bewirkt, dass die Strahlungsquelle das vollständige Implantationsgebiet im Verlauf der Zeit abtastet (in Fig. 2 nicht gezeigt).

[0028] Bei S240 werden Dotierstoffe selektiv im Implantationsgebiet des Wafers bereitgestellt. Wie in Fig. 3 gezeigt, nimmt ein Flächenwiderstand R_s eines dotierten Materials im Implantationsgebiet mit zunehmender Implantationstemperatur ab. Die Abnahme des Widerstands kann bei einigen Implementierungen auf eine Zunahme bei der Aktivierung von Ionen zurückzuführen sein, die in das Implantationsgebiet implantiert sind, das der Bestrahlung ausgesetzt ist. Die Erfinder haben herausgefunden, dass, falls das Implantationsgebiet bestrahlt wird, eine Aktivierung von Dotierstoffen sich trotz einer Wafersubstrattemperatur von lediglich etwa $T = 350^\circ\text{C}$ oder darüber, aber weit unter einer Substrattemperatur von etwa 800°C , die üblicherweise zum Aktivieren der Dotierstoffe erforderlich ist, bereits erheblich steigern kann. Bei einigen Ausführungsformen liegt die Wafersubstrattemperatur zwischen etwa 350°C und etwa 400°C oder etwa 350°C und etwa 500°C . Bei anderen Ausführungsformen liegt die Wafersubstrattemperatur unter etwa 400°C oder unter etwa 500°C . Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass, da Dotierstoffe effektiver aktiviert werden, weniger Dotierstoffe von der Ionenquelle geliefert werden müssen. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass, da der Wafer weniger Erhitzung erfordert, weniger Energie zum Wafer transferiert werden muss. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass, da Dotierstoffe effektiver aktiviert werden, ein nachfolgender thermischer Prozess, der Dotierstoffe aktivieren soll, ein RTP (Rapid Thermal Processing)-Prozess möglicherweise obsolet wird. Mindestens ein Effekt kann deshalb darin bestehen, dass die Erhitzung direkt auf die Fläche des Wafers angewendet werden kann, die der Ionenquelle gegenüber exponiert ist, wodurch die Notwendigkeit zum Erhitzen des Wafers von der Sei-

te seiner entgegengesetzten Fläche und durch Implikation aller Schichten zwischen beiden Flächen des Wafers reduziert oder sogar vermieden wird. Somit kann eine Ionenimplantation sogar in einigen Abschnitten des Herstellungsprozesses möglich werden, die ansonsten von der Ionenimplantation ausgeschlossen sind.

[0029] Einige Ausführungsformen umfassen weiterhin das Detektieren einer Temperatur des Wafers in dem vorbestimmten Implantationsgebiet. Bei S250 wird beispielsweise unter Verwendung eines Pyrometers als einen Temperaturdetektor eine Temperatur des Wafers detektiert. Einige Ausführungsformen umfassen das Empfangen von von einer Oberfläche des Wafers oder von einer auf dem Wafer ausgebildeten Struktur, wie etwa einer Metallisierungsschicht, emittierter elektromagnetischer Strahlung. Insbesondere wird die Temperatur im bestrahlten Gebiet detektiert. Einige Ausführungsformen umfassen das Basieren des Detektierens der Temperatur des Wafers auf einem von der empfangenen elektromagnetischen Strahlung abgeleiteten Signal. Bei einigen Implementierungen, wo der Wafer für die Wärmestrahlung im Wesentlichen transparent ist, wird die Temperatur des Wafers auf der Basis einer Detektion einer Temperatur des Chucks, der den Wafer stützt, detektiert. Beispielsweise verwendet das Pyrometer die Detektion einer Strahlung mit einer Wellenlänge in einem Bereich von 7 bis $14 \mu\text{m}$.

[0030] Bei S260 wird eine Prüfung durchgeführt, ob ein vorbestimmter Temperaturschwellwert überschritten oder nicht überschritten wird. Falls die Temperatur des Wafers als zu hoch detektiert wird, d. h., dass sie den vorbestimmten Temperaturwert übersteigt, können bei S270 eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen ergriffen werden, um die Temperatur auf einen akzeptablen Wert zu reduzieren: Die Intensität der Strahlung von der Strahlungsquelle wird reduziert, die Beschleunigung von Ionen von der Ionenquelle zum Implantationsgebiet wird reduziert, die Anzahl an Ionen, die von der Ionenquelle in einem Ionenstrahl emittiert wird, um auf das Implantationsgebiet des Wafers aufzutreffen, wird reduziert, ein Ausmaß des beim Kühlen des Wafers verwendeten Kühlmittelflusses wird erhöht, eine Temperatur des zum Kühlen des Wafers verwendeten Kühlmittels wird reduziert. Einige Ausführungsformen umfassen das Basieren des Steuerns der Strahlungsquelle auf einer Temperatur des Wafers im Implantationsgebiet. Einige Ausführungsformen umfassen das Steuern der Strahlungsquelle, so dass die bestimmte Energiemenge während einer vorbestimmten Dauer geliefert wird. Einige Ausführungsformen umfassen das Basieren des Steuerns der Strahlungsquelle auf einer spezifischen Wärmekapazität des Wafers im Implantationsgebiet. Beispielsweise kann die Lichtquelle als ein Laser konfiguriert sein, um eine Energie von etwa 10 J auf eine Oberfläche von $0,6 \text{ cm}^2$ bis 4 cm^2

oder mehr, beispielsweise $2,25 \text{ cm}^2$ während einer Impulsdauer von 200 ns, zu transferieren. Bei einem weiteren Beispiel sind zwei Laser jeweils konfiguriert, $1,8 \text{ J/cm}^2$ auf eine Oberfläche von $2,5 \text{ mm}$ mal $0,1 \text{ mm}$ zu transferieren, jeweils während einer Impulsdauer von etwa 500 ns. Bei einigen Implementierungen sind Impulse mit einer Verzögerung von 100 ns bis $1 \text{ }\mu\text{s}$ voneinander getrennt. Anstelle der oder zusätzlich zu den oben aufgeführten Maßnahmen kann der Fachmann andere Handlungen in Betracht ziehen, um die Wafertemperatur im Bestrahlungsgebiet auf einen akzeptablen Pegel herunterzubringen.

[0031] Bei S280 wird das Implantationsgebiet selektiv bestrahlt. Bei einigen Ausführungsformen wird mindestens ein Teil der Strahlung durch den Wafer absorbiert. Bei einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren das Steuern der Strahlungsquelle, um eine gewisse Energiemenge zu liefern, die durch den Wafer in dem vorbestimmten Implantationsgebiet absorbiert werden soll. Bei einigen Ausführungsformen wird die Strahlungsquelle so gesteuert, dass eine Wellenlänge der Strahlung selektiv emittiert wird. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass eine geeignete Wellenlänge für die Absorption der Strahlung in dem Wafer gewählt werden kann, um im Wesentlichen bis zu einer vorbestimmten Tiefe, die zu dotieren vorbestimmt ist, stattzufinden. Bei einigen Ausführungsformen wird die Strahlungsquelle so gesteuert, dass Strahlung selektiv in einem Spektrum emittiert wird, um durch eine Materialschicht unter einer vorderen Oberfläche des Wafers absorbiert zu werden, die gegenüber der Strahlung exponiert ist. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass die Oberflächenschicht und eine näher an der Oberfläche liegende Schicht mehr erhitzt werden können als Schichten tiefer unter der Oberfläche, um beispielsweise einen Oberflächenabschnitt des Wafers auszuhellen und/oder zu schmelzen.

[0032] Wenngleich die obige Beschreibung bis zu diesem Punkt Handlungen als eine Folge von Schritten aufführt, kann der Fachmann mindestens zwei parallel auszuführende Handlungen implementieren.

[0033] Die Temperatur des Wafers kann kontinuierlich detektiert werden und Maßnahmen zum Vermeiden eines Überhitzens des Wafers durch Bestrahlung und/oder Ionenimplantation können in einer kontinuierlichen Rückkopplungsschleife kontinuierlich ergriffen werden. Einige Ausführungsformen umfassen somit das Steuern der Strahlungsquelle, um die Strahlung in der Richtung des Implantationsgebiets zu liefern, während die Dotierstoffe an das Implantationsgebiet geliefert werden. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, dass zusätzlich zu den an das Implantationsgebiet gelieferten Dotierstoffen die Strahlung Energie an den Wafer liefert, wodurch der Wafer wie gewünscht in dem Implantationsgebiet erhitzt werden kann.

[0034] Bei einigen Implementierungen wird bei S290 geprüft, ob die Implantation von Ionen in das Implantationsgebiet abgeschlossen ist. Falls nicht, geht der Implantationsprozess dann wie oben beschrieben insbesondere durch eine Fortsetzung der Ionenemission zu dem Implantationsgebiet weiter. Ein Strahlstrom kann im Bereich von $1 \text{ }\mu\text{A}$ (in einem Beispiel, wo eine niedrigdosierte Implantation erforderlich ist) bis 100 mA und mehr (in einem Beispiel, wo eine hochdosierte Implantation erforderlich ist) sein. Je nach dem Strahlstrom sowie der erforderlichen Implantationsdosis kann ein Implantationsprozess von lediglich einigen wenigen Sekunden (in einem Beispiel, wo eine niedrigdosierte Implantation erforderlich ist) bis zu einigen wenigen Stunden (in einem Beispiel, wo eine hochdosierte Implantation erforderlich ist) benötigen. Falls der Implantationsprozess im gewählten Implantationsgebiet abgeschlossen ist, wird bei S295 dann geprüft, ob der Prozessschritt der Ionenimplantation in dem vorliegenden Herstellungsprozess insgesamt abgeschlossen ist. Falls nicht, wird der oben beschriebene Ionenimplantationsprozess mit der Wahl eines anderen Implantationsgebiets fortgesetzt. Falls die Ionenimplantation insgesamt abgeschlossen ist, wird bei S299 der Herstellungsprozess dann mit einem anderen Prozess fortgesetzt. Bei einigen Implementierungen kann beispielsweise eine nächste Handlung einfach darin bestehen, den Wafer von dem Chuck oder einer anderen Aufnahme zu entfernen.

[0035] Das oben beschriebene Beispiel kann in einem Abtastverfahren implementiert werden, wobei der Ionenstrahl über den Wafer bewegt wird. Dadurch kann eine homogen verteilte oder anderweitig gewünschte Wärme erzielt werden. Die beispielsweise als ein Strahl von Laserlicht gelieferte Strahlung kann gesteuert werden, um einen Ort des auf den Wafer treffenden Ionenstrahls zu verfolgen. Das Abtasten kann in einer Richtung (x) oder in zwei Richtungen (x, y), die in einer im Wesentlichen gemeinsamen Ebene mit der Waferoberfläche orthogonal zueinander verlaufen, gesteuert werden. Beispielsweise kann in einer Richtung (x) der Ionenstrahl gesteuert werden zum Abtasten der Waferoberfläche mit einer Rate von bis zu einigen wenigen kHz. Zur gleichen Zeit kann eine Ansteuereinheit gesteuert werden zum Ansteuern der Ionenquelle über den Wafer in der anderen Richtung (y) mit einer Geschwindigkeit von 1 bis 10 cm pro Sekunde. Bei einer weiteren Ausführungsform wird der Ionenstrahl gesteuert zum Abtasten der Waferoberfläche mit einer Rate von bis zu einigen wenigen kHz in beiden Richtungen, x und y. Bei einigen Implementierungen wird der Lichtstrahl gesteuert zum seitlichen Bestrahlen eines im Wesentlichen rechteckig geformten Zeilengebiets über die Waferoberfläche, während der Ionenstrahl gesteuert wird zum Abtasten des Zeilengebiets auf Implantation hin. Bei einer weiteren Implementierung wird bewirkt, dass ein Zeilenarray von Dioden den

Wafer beleuchtet. Die Steuerung der Strahlungsquelle kann das Pulsen, das Hoch-/Herunterfahren, eine konstante, schrittweise oder anderweitig variable Intensität der Strahlung beinhalten. Bei einigen Implementierungen kann das Strahlungsspektrum gesteuert werden. Durch Steuern einer Bewegung des Wafers relativ zur Strahlungsquelle kann bewirkt werden, dass das Zeilengebiet die Waferoberfläche beispielsweise in einer Richtung orthogonal zu der Zeile abtastet. Bei einigen Implementierungen wird die Strahlung durch eine Frequenzabtastung des Lichts, das wiederholt beispielsweise mit einer Frequenz von 0,1 bis 10 Hz das Implantationsgebiet bestrahlt, um nacheinander ein Energiebudget an das Implantationsgebiet zu liefern, wie benötigt, um die gewünschte Temperatur während der Ionenimplantation zu erzielen und/oder zu halten, inkrementell an das Implantationsgebiet geliefert. Die Steuerung der Strahlungsquelle wird durchgeführt, um das Ausheilen von durch die Ionenimplantation eingeführten Schäden zu gestatten, selbst wo die Ionenimplantation und die Bestrahlung des Implantationsgebiets durch ein ausreichend kurz gehaltenes gewisses Zeitintervall getrennt sind.

[0036] Fig. 4 ist ein Diagramm, das eine Dynamik von physikalischen Eigenschaften in einem Beispiel gemäß einiger Implementierungen zeigt. Insbesondere ist die Temperatur T_{SUB} des Wafersubstrats in dem Implantationsgebiet über der Zeit t gezeigt. Weiterhin ist die Leistung der Strahlungsquelle wie etwa einer Lichtquelle über der Zeit t dargestellt. Eine erste Temperaturkurve **410**, die von einem niedrigen Temperaturwert T_{low} zu einer Zeit t_1 startet, wenn die Implantation von Ionen in dem Implantationsgebiet beginnt, zeigt eine gewünschte Entwicklung der Substrattemperatur während der Ionenimplantation. Die Temperatur soll bis zu einem nicht zu übersteigenden Höchstwert T_{max} ansteigen, wo von einer Zeit t_2 an die Temperatur im Wesentlichen konstant bleiben sollte, bis zu einer Zeit t_3 die Ionenimplantation im Implantationsgebiet abgeschlossen ist. Nach der Zeit t_3 sollte die Temperatur abfallen. Falls keine Erhitzung verwendet wird, wie durch eine zweite Temperaturkurve **420** gezeigt, würde aufgrund von kinetischer und anderer Energie, die durch Ionen auf den Wafer im Implantationsgebiet aufgebracht wird, die Temperatur während des Intervalls von t_1 bis t_3 ansteigen; die Temperatur würde jedoch nicht ansteigen, um die Höchsttemperatur T_{max} zu erreichen. Durch Bestrahlen des Implantationsgebiets mit Licht, wie oben beschrieben, ab dem Beginn zur Zeit t_1 kann die gewünschte Temperatur erzielt werden. Zuerst wird bis zum Erreichen der Höchsttemperatur T_{max} die Strahlungsquelle gesteuert, um mit einem hohen Leistungspegel P1 zu strahlen. Nachdem die Höchsttemperatur T_{max} bei t_2 erreicht ist, wird die Strahlung auf einen niedrigen Strahlungspegel P2 unter dem hohen Leistungspegel P1 reduziert. Somit wird ausreichend Leistung an das Implantationsgebiet geliefert, um die Temperatur konstant zu hal-

ten, d. h. den Leistungsverlust beispielsweise aufgrund von Wärmestrahlung und anderen Transportprozessen zu kompensieren. Nachdem die Implantationshandlung abgeschlossen ist, wird zur Zeit t_3 die Strahlungsquelle gestoppt. Mindestens ein Effekt kann darin bestehen, eine Adaption an Variationen bezüglich Qualität der Ionenquelle zu gestatten, insbesondere wo dies über eine Lebensdauer der Ionenquelle beobachtet wird. Bei einigen Ausführungsformen, beispielsweise im Fall eines schlechten Kontakts des Wafers auf dem Chuck, wird das Kühlen des Wafers reduziert. Dementsprechend kann die Leistung der Strahlungsquelle wie benötigt adaptiv reduziert werden; als ein Beispiel wird in **Fig. 4** die Adaption durch das Einstellen der Strahlungsquelle ab dem Start zur Zeit t_1 zu einem niedrigen Leistungspegel P3 im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Leistungspegel P1 veranschaulicht. Bei einigen nicht gezeigten Implementierungen wird unter Verwendung von Strahlung mit dem höheren Leistungspegel P1 bereits vor dem Beginn der Ionenimplantation der Wafer auf die Höchsttemperatur T_{max} erhitzt. Wenn die Ionenimplantation startet, wird die Leistung der Strahlung von dem hohen Leistungspegel P1 auf den niedrigeren Leistungspegel P2 abgesenkt.

[0037] Da dem Fachmann andere Modifikationen und Änderungen, die variiert werden, um zu bestimmten Arbeitsanforderungen und Umgebungen zu passen, offensichtlich sind, wird die Erfindung nicht als auf das Beispiel beschränkt angesehen, das für Zwecke der Offenbarung gewählt ist, und sie deckt alle Änderungen und Modifikationen ab, die keine Abweichungen von dem wahren Gedanken und Schutzbereich der vorliegenden Erfindung darstellen.

[0038] Nachdem die Erfindung so beschrieben worden ist, wird das, was durch eine Patenturkunde geschützt werden soll, in den nachfolgend angehängten Ansprüchen vorgelegt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Implantieren von Ionen in einen Wafer, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst: eine Aufnahme, die konfiguriert ist zum Stützen des Wafers; eine Dotierstoffquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Dotierstoffen an ein Implantationsgebiet des Wafers; und eine Strahlungsquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Bestrahlen des Implantationsgebiets.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Strahlungsquelle konfiguriert ist zum Emittieren von elektromagnetischen Wellen, die durch den Wafer im Implantationsgebiet absorbiert werden sollen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, weiterhin umfassend eine Steuereinheit, die konfiguriert ist

zum Steuern der Strahlungsquelle, um eine vorbestimmte Energiemenge zu liefern, die durch den Wafer im Implantationsgebiet absorbiert werden soll.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei die Steuereinheit konfiguriert zum Steuern der Strahlungsquelle, um die vorbestimmte Energiemenge während einer vorbestimmten Dauer zu liefern.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Steuereinheit konfiguriert ist zum Steuern der Strahlungsquelle auf der Basis einer spezifischen Wärmekapazität des Wafers in dem Implantationsgebiet.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die Steuereinheit konfiguriert ist zum Steuern der Strahlungsquelle, um Strahlung in einer Richtung des Implantationsgebiets zu liefern, während die Dotierstoffquelle die Dotierstoffe an das Implantationsgebiet liefert.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiterhin umfassend einen Detektor, der konfiguriert ist zum Detektieren einer Oberflächentemperatur des Wafers im Implantationsgebiet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Detektor konfiguriert ist zum Empfangen von von einer Oberfläche des Wafers emittierter elektromagnetischer Strahlung.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, weiterhin umfassend eine Steuereinheit, wobei die Steuereinheit konfiguriert ist zum Steuern der Strahlungsquelle auf der Basis einer als eine Oberflächentemperatur des Wafers im Implantationsgebiet detektierten Temperatur.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Strahlungsquelle mindestens eine einer Halogenlampe, einer Leuchtdiode oder einer Laserquelle ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Aufnahme konfiguriert ist zum Kühlen des Wafers.

12. Vorrichtung zum Implantieren von Ionen in einen Wafer, wobei die Vorrichtung Folgendes umfasst:
eine Aufnahme, die konfiguriert ist zum Stützen des Wafers;
eine Dotierstoffquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Dotierstoffen an ein Implantationsgebiet; und
eine Strahlungsquelle, die konfiguriert ist zum selektiven Liefern von Strahlung in einer Richtung des Implantationsgebiets.

13. Verfahren zum Implantieren von Ionen in einen Wafer, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:
Bereitstellen eines Wafers;
selektives Liefern von Dotierstoffen in ein vorbestimmtes Implantationsgebiet des Wafers; und
selektives Liefern von Strahlung in das vorbestimmte Implantationsgebiet des Wafers.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei mindestens ein Teil der Strahlung durch den Wafer absorbiert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, weiterhin umfassend das Steuern einer Strahlungsquelle, um eine bestimmte Energiemenge bereitzustellen, die durch den Wafer in dem vorbestimmten Implantationsgebiet absorbiert werden soll.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Steuern der Strahlungsquelle das Steuern der Strahlungsquelle umfasst, um die Strahlung in eine Richtung des Implantationsgebiets zu liefern, während die Dotierstoffe an das Implantationsgebiet geliefert werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, weiterhin umfassend das Detektieren einer Temperatur des Wafers im vorbestimmten Implantationsgebiet.

18. Verfahren nach Anspruch 17, weiterhin umfassend:
Empfangen von von einer Oberfläche des Wafers emittierter elektromagnetischer Strahlung; und
Detektieren der Temperatur des Wafers auf der Basis eines von der empfangenen elektromagnetischen Strahlung abgeleiteten Signals.

19. Verfahren nach Anspruch 18, weiterhin umfassend das Steuern der Strahlungsquelle auf der Basis der Temperatur des Wafers im Implantationsgebiet.

20. Verfahren nach Anspruch 19, weiterhin umfassend:
Steuern der Strahlungsquelle, um eine gewisse Energiemenge während einer vorbestimmten Dauer zu liefern; und
Steuern der Strahlungsquelle auf der Basis einer spezifischen Wärmekapazität des Wafers im Implantationsgebiet.

21. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Wafer entfernbar an mindestens einem ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus einem Glaträger und einem Folienträger befestigt ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

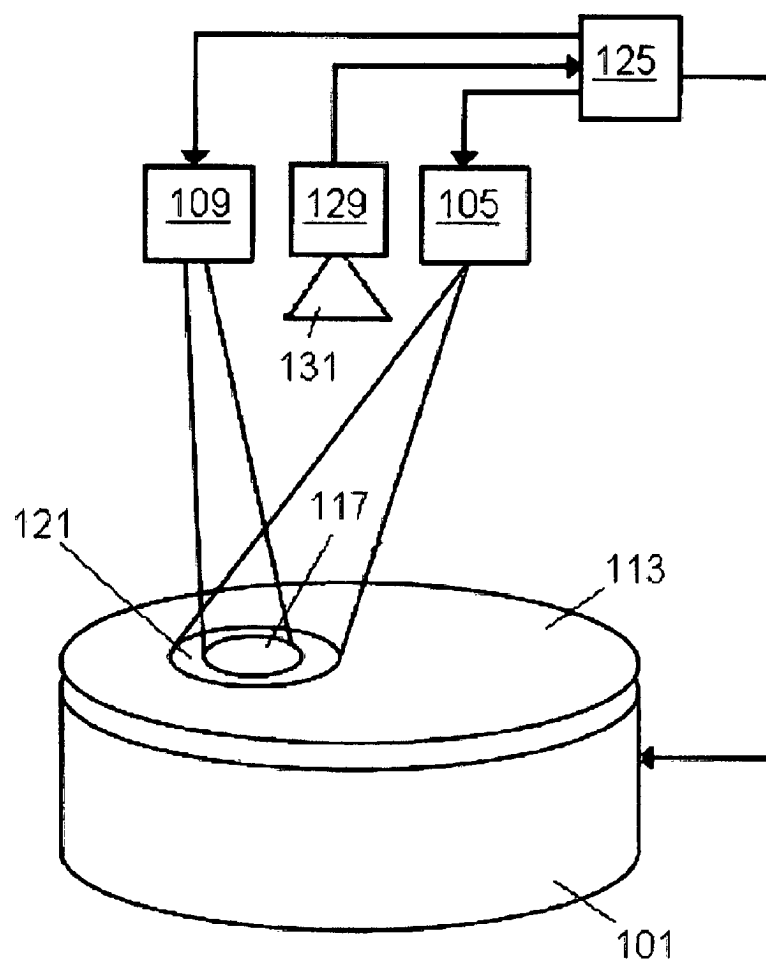


FIG 1

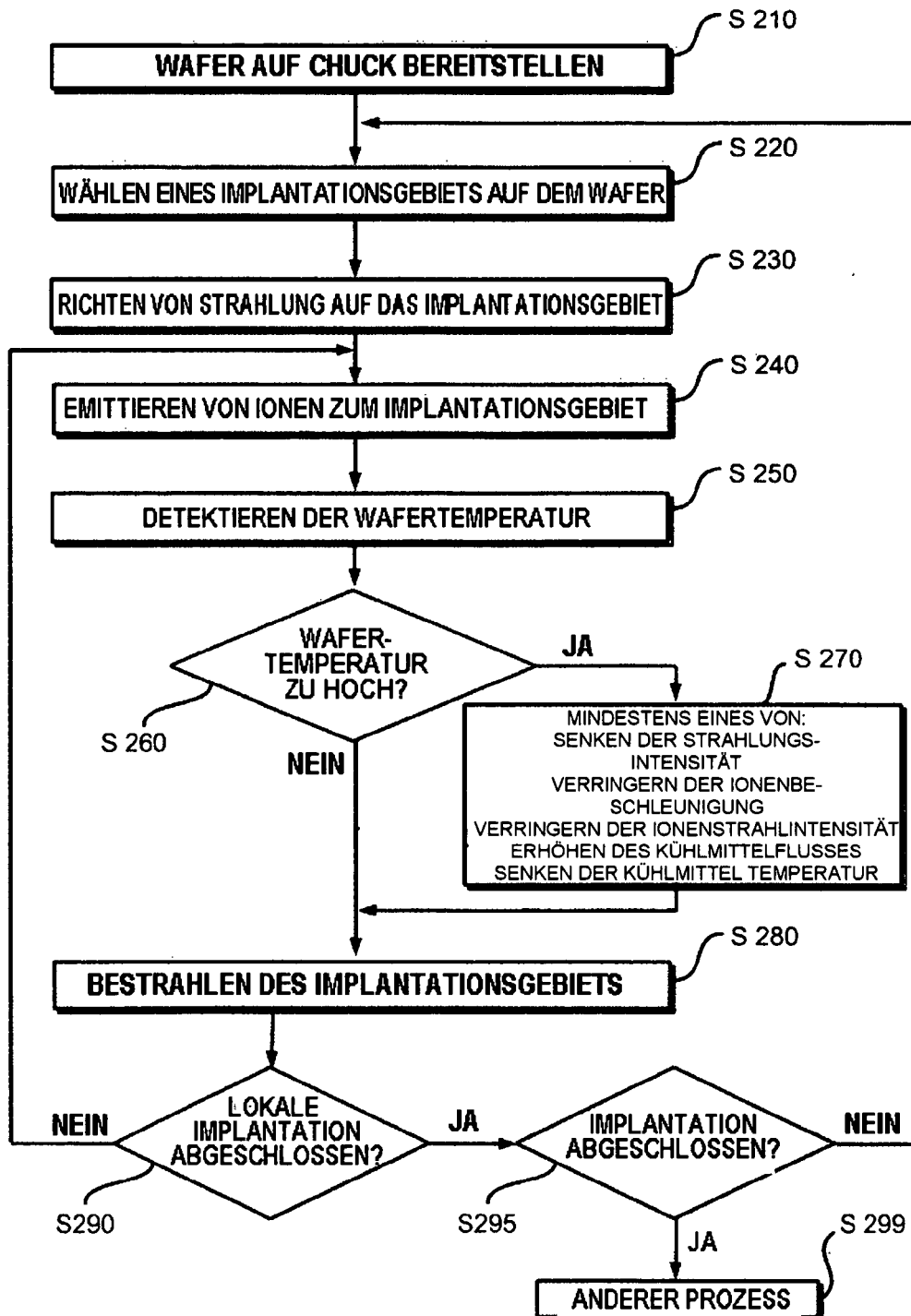


FIG 2

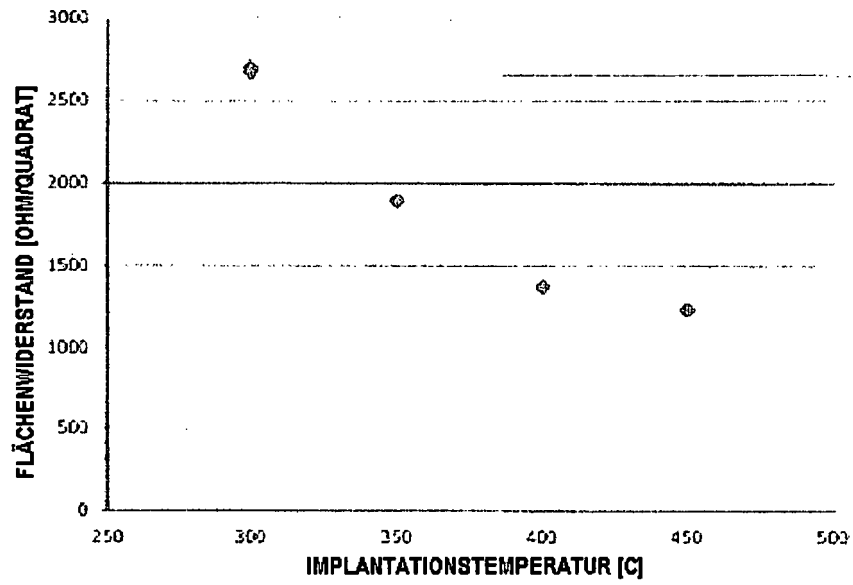


FIG 3

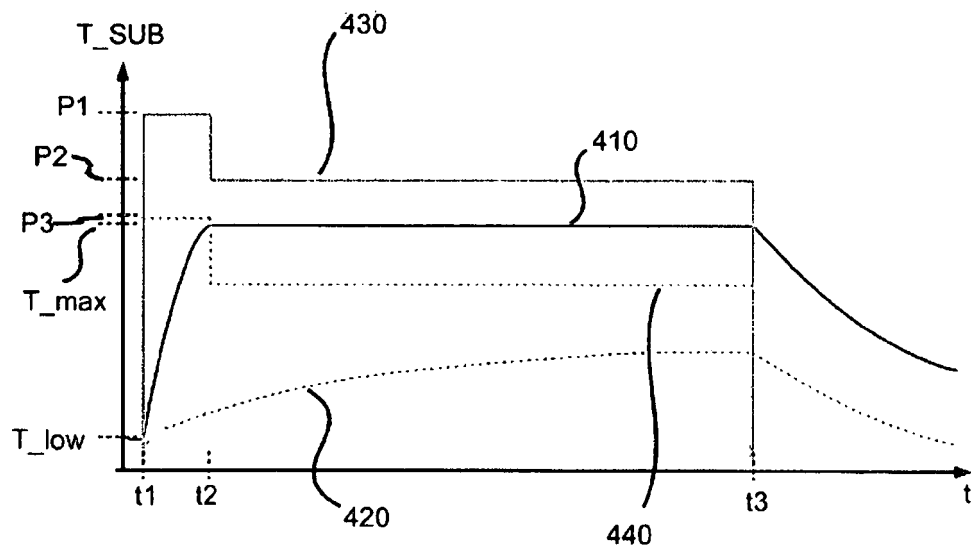


FIG 4