



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 012 476 A1** 2007.09.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 012 476.6**

(22) Anmeldetag: **16.03.2006**

(43) Offenlegungstag: **20.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 27/406** (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Eisele, Ulrich, 70199 Stuttgart, DE; Diehl, Lothar, 70839 Gerlingen, DE; Tabery, Eric, 76751 Jockgrim, DE; Klett, Sascha, 71570 Oppenweiler, DE; Satet, Raphaelle, 70193 Stuttgart, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE10 2004 035230 A1

DE 199 44 555 A1

DE 199 34 319 A1

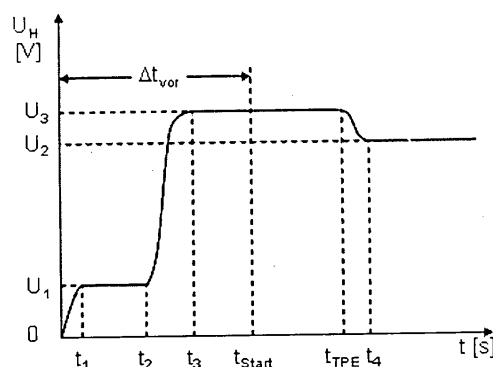
DE 695 28 227 T2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Sensors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors, insbesondere eines Sensors aus einem keramischen Material, wobei der Sensor auf eine Schockresistenztemperatur (T_3) aufgeheizt wird, die größer ist als eine spezifizierte Betriebstemperatur.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Sensoren bzw. Messfühler zur Bestimmung von physikalischen Eigenschaften werden in vielfältig eingesetzt. Beispielsweise können in einem Abgasstrang einer Brennkraftmaschine Temperatur, Ruß- und Gassensoren vorgesehen sein, die in Verbindung mit einem Katalysator und einer Regelung, eine wirksame Reinigung des Abgases ermöglichen.

[0002] Insbesondere wird mit Hilfe von Lambda-Sensoren ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit Lambda gleich 1 im Abgas eingestellt. Dabei gibt der Lambda-Wert an, wie weit das tatsächlich vorhandene Luft-Kraftstoff-Gemisch von dem zur vollständigen Verbrennung theoretisch notwendigen Massenverhältnis von 14,7 kg Luft zu 1 kg Kraftstoff abweicht. Lambda ist hierbei der Quotient aus zugeführter Luftmasse und theoretischem Luftbedarf.

[0003] Die Wirkungsweise der Lambdasonde beruht auf dem Prinzip einer galvanischen Sauerstoff-Konzentrationszelle mit einem Festkörperelektrolyt. Der Festkörperelektrolyt besteht typischerweise aus zwei durch eine Keramik getrennten Grenzflächen. Das verwendete Keramikmaterial wird bei etwa 350° C für Sauerstoffionen leitend, sodass dann bei unterschiedlichem Sauerstoffanteil auf beiden Seiten der Keramik zwischen den Grenzflächen die so genannte Nernstspannung erzeugt wird. Diese elektrische Spannung ist ein Maß das Verhältnis der Sauerstoffpartialdrücke zu beiden Seiten der Keramik. Da der Restsauerstoffgehalt im Abgas eines Verbrennungsmotors in starkem Maße von Luft-Kraftstoff-Verhältnis des dem Motor zugeführten Gemisches abhängig ist, ist es möglich, den Sauerstoffanteil im Abgas als Maß für das tatsächliche vorliegende Luft-Kraftstoff-Verhältnis heranzuziehen.

[0004] Die Betriebstemperatur der Sensoren wird in der Regel vom Hersteller spezifiziert und liegt typischerweise zwischen 750° und 800° C.

[0005] Auch bei anderen Sensoren ist es häufig notwendig, den Sensor zur Inbetriebnahme auf eine Betriebstemperatur aufzuheizen. Um möglichst frühzeitig verwertbare Messsignale vom Sensor – vorzugsweise noch während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine – zu erhalten, ist es wünschenswert den Sensor möglichst rasch aufzuheizen.

[0006] Bei Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine, und hier insbesondere bei einer kalten Brennkraftmaschine, kann sich ein bei der Verbrennung entstehender Wasserdampf auf die kalten Oberflächen des Abgasstrangs in Form von Wassertropfen niederschlagen.

[0007] Trifft ein Wassertropfen die keramische Oberfläche eines Sensors, kann die lokale Abkühlung durch den Wassertropfen so groß sein, dass die Keramik aufgrund der Temperaturunterschiede und den damit verbundenen thermischen Spannungen zerstört wird.

[0008] Aus der DE 199 34 319 A1 ist beispielsweise ein Gasmessfühler bekannt, der zum Schutz des keramischen Sensorelements ein Schutzrohr aufweist. Ein weiteres Innenrohr mit Öffnungen für den Zu- und Austritt des Messgases bzw. Abgases soll das keramische Sensorelement vor einem direkten Kontakt mit Wasser schützen.

[0009] Aus der 10 2004 035 230 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Gasmessfühlers bekannt, bei dem Betriebszustände der Brennkraftmaschine ermittelt werden. Bei Vorliegen eines Betriebszustandes, bei dem eine niedrige Temperatur im Abgasstrang zu erwarten ist, also beispielsweise bei einem Kaltstart, wird der Sensor auf eine niedrige Temperatur geregelt oder ganz abgestellt, um so der Gefahr eines Thermoschocks durch Wassereinwirkung entgegenzuwirken. Der Sensor besitzt somit beim Start der Brennkraftmaschine keine Regelbereitschaft.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass bei einem Aufheizen eines Sensors, also insbesondere auch bei einem Aufheizen eines kalten Sensors in einem kalten Abgasstrang, der Sensor weder ausgeschaltet bleibt noch mit einer niedrigen Temperatur betrieben wird, sondern auf eine Temperatur – eine Schockresistenztemperatur – aufgeheizt wird, die größer ist als eine spezifizierte Betriebstemperatur.

[0011] Ferner wird ebenso vorteilhaft eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen, mit einem Temperaturvorgabemittel, das eine Heizung des Sensors derart beeinflusst, dass der Sensor eine Schockresistenztemperatur (T_3) aufweist, die größer ist als eine spezifizierte Betriebstemperatur.

[0012] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

[0013] Besonders vorteilhaft ist, die Schockresistenztemperatur (T_3) in Abhängigkeit einer Ausfallwahrscheinlichkeit des Sensors festzulegen. So ist es in vorteilhafter Weise möglich die Schockresistenztemperatur dem vorliegenden Sensortyp oder

Einsatzfall anzupassen und den Sensor nur auf die Temperatur aufzuheizen, ab der eine ausreichende Thermoschock-Sicherheit vorliegt. Vorzugsweise ist die Schockresistenztemperatur so gewählt, dass bei dieser Temperatur die Ausfallwahrscheinlichkeit kleiner ist als bei der spezifizierten Betriebstemperatur.

[0014] Gemäß einer weiteren Verbesserung ist es vorgesehen, dass der Sensor bereits bei der Schockresistenztemperatur ein Messbetrieb des Sensors erfolgt. So ist es möglich, dass schon in einer Phase, in der bei bekannten Verfahren aus Sicherheitsgründen der Sensor abgeschaltet bleibt, Sensorsignale ausgewertet werden können.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass nach dem Aufheizen des Sensors auf die Schockresistenztemperatur (T_3) der Sensors bei einer zweiten Temperatur (T_2) ein Messbetrieb erfolgt. Diese zweite Temperatur ist vorzugsweise die Betriebstemperatur des Sensors. So braucht der Sensor nicht permanent bei einer Schockresistenztemperatur betrieben werden, sondern kann in vorteilhafter Weise, wenn keine Gefahr eines Thermoschocks mehr besteht auf einen Normalbetrieb umgeschaltet werden.

[0016] In einer weiteren Modifikation ist es vorgesehen, dass der Sensor vor einem Aufheizen auf die Schockresistenztemperatur (T_3) zunächst auf eine erste Temperatur (T_1) aufgeheizt wird, die kleiner als die zweite Temperatur (T_2) bzw. die spezifizierte Betriebstemperatur des Sensors ist. Durch dieses Vorgehen, kann der Sensor zunächst bei niedrigeren Temperaturen ausgeheizt werden und so von einem evtl. vorhandenen Kondenswasserfilm befreit werden. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise die Gefahr reduziert, dass sich bspw. aufgrund unterschiedlicher Benetzung des Sensors bei einem raschen Aufheizen der Keramik thermische Spannungen aufgeprägt werden, die evtl. zu einer Zerstörung der Keramik führen.

[0017] In einer weiteren Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass der Sensor vor Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine auf die Schockresistenztemperatur aufgeheizt wird. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass bei der Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine und bei einem Auftreten eines ersten Gasstroms im Abgasstrang, der Sensor bereits in Betriebsbereitschaft ist und von Anfang an relevante Messergebnisse liefern kann.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Modifikation wird die Schockresistenztemperatur mindestens solange beibehalten, bis ein Taupunktende (t_{TPE}) erreicht ist, so dass davon ausgegangen werden kann, dass sich keine kondensierten Flüssigkeiten im Abgasstrang befinden und der Sensor gefahrlos auch bei anderen und insbesondere der Betriebstempera-

tur betrieben werden kann.

Zeichnungen

[0019] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0020] Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) einen schematisch den Aufbau eines Gassensors,

[0022] [Fig. 2](#) einen schematischen Verlauf der Oberflächentemperatur bei einem erfindungsgemäßen Vorgehen

[0023] [Fig. 3](#) schematisch den Verlauf der an einem Heizer anliegenden Spannung bei einer erfindungsgemäßen Ansteuerung

[0024] [Fig. 4](#) schematisch einen Verlauf der Verdampfungszeit in Abhängigkeit von der Oberflächentemperatur

Beschreibung

[0025] Exemplarisch wird die Erfindung anhand einer Breitband-Lambdasonde dargestellt. Selbstverständlich ist die Erfindung auch auf andere Lambdasonden und insbesondere auch auf alle Sonden, Sensoren, Messfühler oder ähnlichem anwendbar, die in ihrer Betriebsbereitschaft durch einen Flüssigkeitskontakts bedingten Thermoschocks beeinträchtigt werden. Die Gefahr eines Thermoschocks besteht insbesondere bei Sensormaterialien aus Keramik oder keramikähnlichen Stoffen, deren Struktur leicht durch eingebrachte mechanische Spannungen zerstört wird. Insbesondere aufgrund der unterschiedlichen Längenausdehnung des Werkstoffes bei unterschiedlichen Temperaturen kann eine lokale Temperaturänderung so große mechanische Spannungen im Material verursachen, dass die Materialfestigkeit überschritten wird und der Werkstoff bricht. Beobachtungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera zeigen, dass diese Rissinitiierung nur wenige ms nach Auftreffen des Flüssigkeitstropfens einsetzt.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt beispielhaft einen Sensor bzw. Gassensor **100** zur Bestimmung der Konzentration von Gaskomponenten in einem Gasgemisch mit einer zugehörigen Vorrichtung zur Ansteuerung **200**. Der Gassensor ist im vorliegenden Beispiel als Breitband-Lambdasonde ausgestaltet. Sie umfasst im Wesentlichen in einem unteren Bereich eine Heizung **160**, in einem mittleren Bereich eine Nernstzelle **140** und in einem oberen Bereich eine Pumpzelle **120**. Die Pumpzelle **120** weist in einem zentralen Bereich eine Öffnung **105** auf, durch die Abgas **10** in einen Messraum **130** der Pumpzelle **120** gelangt. An den

äußeren Enden des Messraums **130** sind Elektroden **135**, **145** angeordnet, wobei die oberen Elektroden **135** der Pumpzelle zugeordnet sind und die Innenpumpelektroden (IPE) **135** bilden, und wobei die unteren Elektroden **145** der Nernstzelle **140** zugeordnet sind und die Nernstelektroden (NE) **145** bilden. Die dem Abgas zugewandte Seite der Pumpzelle **120** weist eine Schutzschicht **110** auf, innerhalb derer eine Außenpumpelektrode (APE) **125** angeordnet ist. Zwischen der Außenpumpelektrode **125** und der Innenpumpelektrode **135** des Messraums **130** erstreckt sich ein Festkörperelektrolyt über den, bei einer an den Elektroden **125**, **135** anliegenden Pumpspannung, Sauerstoff in den Messraum **130** transportiert oder aus dem Messraum **130** abtransportiert werden kann.

[0027] An die Pumpzelle **120** schließt sich ein weiterer Festkörper an, der die Nernstzelle **140** mit einem Referenzgasraum **150** bildet. Der Referenzgasraum **150** ist in Richtung der Pumpzelle mit einer Referenzelektrode (RE) **155** versehen. Die sich zwischen der Referenzelektrode **155** und der Nernstelektrode **145** im Messraum **130** der Pumpzelle **120** einstellende Spannung entspricht der Nernstspannung. Im weiteren Verlauf der Keramik ist in einem unteren Bereich die Heizung **160** angeordnet.

[0028] In dem Referenzgasraum **150** der Nernstzelle **140** wird ein Sauerstoff-Referenzgas vorgehalten. Über einen über die Pumpelektroden **125** und **135** fließenden Pumpstrom wird im Messraum eine Sauerstoffkonzentration eingestellt, die einer „Lambda = 1“ – Konzentration in dem Messraum **130** entspricht.

[0029] Die Steuerung dieser Ströme und die Auswertung der Nernstspannung übernimmt eine Ansteuerung bzw. ein Steuergerät **200**. Einen Operationsverstärker **220** misst hierbei eine an der Referenzelektrode **155** anliegende Nernstspannung und vergleicht diese Spannung mit einer Referenzspannung U_{Ref} die typischerweise bei ca. 450 mV liegt. Bei Abweichungen beaufschlagt der Operationsverstärker **220** die Pumpzelle **120** über einen Widerstand **210** und den Pumpelektroden **125**, **135** mit einem Pumpstrom.

[0030] Ferner ist innerhalb des Steuergeräts **200** in der elektrisch Zuleitung zur Heizung **160** ein Temperaturvorgabemittel **300** angeordnet, das die an der Heizung anliegende elektrische Spannung – und somit indirekt auch die Temperatur des Sensors – in für den Betrieb der Lambdasonde geeigneten Weise vorgibt.

[0031] In [Fig. 2](#) sowie in [Fig. 3](#) ist eine mögliche Aufheizstrategie einer Lambdasonde dargestellt, wobei in [Fig. 2](#) schematisch der Verlauf der Oberflächentemperatur an der Sensoroberfläche und in

[Fig. 3](#) der entsprechende Verlauf der an der Heizung anliegenden Spannung dargestellt ist.

[0032] Die in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beispielhaft vorgestellte Betriebsstrategie sieht ein Aufheizen des Sensors vor eine Start der Brennkraftmaschine zu einem Zeitpunkt t_{Start} vor. Zum Ausheizen von eingelagertem Kondenswasser in den porösen Schichten des Sensorelements wird das Element mit der Heizerspannung U_1 auf eine Oberflächentemperatur $T_1 = 300\text{ °C}$ geheizt. Die Ausheizzeit $\Delta t_{aus} = t_2 - t_1$ wird vorzugsweise mit der maximal eingelagerten Kondenswassermenge $m_{K,max}$, der angelegten Heizleistung $P_{H,aus}$ und der Verdampfungsenthalpie des Wassers Δh_v bestimmt. Es gilt

$$\Delta t_{aus} = \frac{m_{K,max}}{P_{H,aus}} \cdot \Delta h_v$$

[0033] Nach dem Ausheizen wird die Sensorelementoberfläche mit der Spannung U_3 auf die Schockresistenztemperatur T_3 geheizt. Zur Erwärmung des Schutzrohres, welches das Sensorelement direkt umgibt wird die Zeitspanne $\Delta t_{H,SR} = t_{Start} - t_3$ geheizt. Somit setzt sich die gesamte Vorheizzeit aus der Ausheizzeit Δt_{aus} , der Schutzrohrheizzeit $\Delta t_{H,SR}$ mit den jeweiligen Heizrampenzeiten t_1 und $t_3 - t_2$ zusammen.

[0034] Die maximale Temperatur wird bis zum Erreichen des Taupunktes des TPE zum Zeitpunkt t_{TPE} beibehalten. Danach wird die Sensoroberfläche auf die Standardbetriebstemperatur T_2 mit der Spannung U_2 gesenkt.

[0035] Prinzipiell sind hier auch andere Temperaturverläufe denkbar. Insbesondere kann bei einem geeigneten Sensor ggf. auf das Ausheizen verzichtet werden und der Sensor ohne Aufheizphase direkt auf die Schockresistenztemperatur T_3 geheizt werden.

[0036] Die Erfindung ermöglicht eine sofortige Regelbereitschaft der Lambdasonde bei Motorstart – 0 s Betriebsbereitschaft –, sowie den Betrieb der Sonde an einem Einbauort – beispielsweise nach dem Katalysator oder als zurückgezogene Sonde –, an dem applikationsbedingt Wasserschlag bzw. Thermochock zu erwarten ist. Realisiert wird dies durch eine Betriebsstrategie, die die Oberfläche des Sensorelements auf eine Temperatur – der Schockresistenztemperatur – bringt, bei der auftreffende Tropfen aufgrund einsetzender Filmverdampfung reflektiert werden. Diese Vorgehensweise ist auf alle Lambdasonden übertragbar. Bisherige Betriebsstrategien ermöglichen keine Regelung der Schadstoffemission vor Taupunktende während des Kaltstarts.

[0037] Das Einstellen des Filmsiedebereichs auf der Sensorelementoberfläche führt zu einer spontanen Ausbildung eines Dampffilms zwischen einem sich nähernden Flüssigkeitstropfen und der Oberflä-

che. Der Tropfen berührt die Oberfläche nicht sondern wird reflektiert und es wird somit nur ein geringer Wärmestrom übertragen. Dieser Effekt ist als Leidenfrosteffekt oder auch als „Tanzender Tropfen auf der Herdplatte“ bekannt.

[0038] Ist das den Sensor umgebende Schutzrohr ebenfalls in den Filmsiedebereich erhitzt, so wird dort der Tropfen ebenfalls reflektiert und er bewegt sich rasch zwischen Sensorelement und Schutzrohr hin und her bis er vollständig verdampft ist oder von der Gasströmung aus dem Schutzrohr getragen wird. Ist das Schutzrohr nicht heiß genug und somit im Bereich des Blasensiedens, so spreitet der Tropfen auf der Schutzrohroberfläche und verdampft.

[0039] Die rasche Hin- und Herbewegung des Wassertropfens wird gezielt angestrebt, um die entstehende Dampfmenge im Schutzrohr gering zu halten, da im Fall von Wasser eine Volumenzunahme um einen Wert größer 1500 beim Phasenübergang von flüssig zu dampfförmig stattfindet. Der entstehende Dampf im Fall des Blasensiedens verdrängt somit das Abgas im Schutzrohr und es besteht die Möglichkeit, dass die Sonde kein Signal zur Abgaszusammensetzung liefert.

[0040] Die Temperatur, im weiteren Leidenfrost-Temperatur genannt, ab der ein Leidenfrost-Effekt eintritt ist u. a. materialabhängig und kann für ein gegebenes Sensorelement spezifisch bestimmt werden. Als charakteristisches Kriterium zur Identifizierung ab welcher Temperatur ein Leidenfrost-Effekt eintritt kann die Verdampfungszeit herangezogen werden, die ein Flüssigkeitstropfen benötigt, um auf einer Oberfläche zu verdampfen.

[0041] In [Fig. 4](#) ist schematisch ein solches Verhalten dargestellt. Auf der Ordinate ist die Verdampfungszeit t_v und auf der Abszisse die Oberflächentemperatur T_o dargestellt. Im Bereich der Siedetemperatur T_s verdampft der Flüssigkeitstropfen sehr rasch, da die Flüssigkeit die Oberfläche im Wesentlichen vollständig benetzt und somit ein guter Wärmeübergang von der Festkörperoberfläche auf den Flüssigkeitstropfen gewährleistet ist. Bei steigender Temperatur wird der Flüssigkeitstropfen so heiß, dass sich zwischen Tropfen und Oberfläche ein Dampfpolster bildet und den Tropfen von der Oberfläche thermisch isoliert. Diese Isolationswirkung des Dampfpolsters macht sich durch einen starken Anstieg der Verdampfungszeit t_v bemerkbar. Dieser Anstieg charakterisiert in signifikanter Weise die so genannte Leidenfrost-Temperatur T_{LT} .

[0042] Wie bereits dargestellt, wird erfindungsgemäß ein Thermoschock des Sensors durch Wasserschlag vermieden, wenn die Oberflächentemperatur des Sensors soweit oberhalb der Leidenfrost-Temperatur T_{LT} liegt, dass die Bildungszeit des isolierenden

Dampfpolsters kürzer ist als die Rissinitiierungszeit. Bei einem Sensor auf Basis von Zirkonoxid tritt dieser Effekt beispielsweise bei einer Sensor- bzw. Oberflächentemperatur von größer 750 °C auf. Wassertropfen, die auf eine solche Oberfläche auftreffen bilden sofort ein Dampfpolster. Durch diese Isolation und durch das Hin- und Herbewegen der auf dem Dampfpolster schwebenden Wassertropfen, werden eine lokale Abkühlung und somit thermisch induzierte mechanische Spannungen im Material vermieden. Somit wird eine Zerstörung oder Rissbildung wirksam verhindert.

[0043] Die Leidenfrost-Temperatur hängt jedoch nicht nur vom Material der Oberfläche, sondern auch von der auftreffenden Flüssigkeit und deren Zusammensetzung ab. Liegt die Leidenfrost-Temperatur für reines Wasser auf einem Zirkonoxid bei 470°C während bei gleichem Sensormaterial diese Temperatur für im Abgasstrang verunreinigte Wassertropfen beispielsweise auf die oben genannten 750° C ansteigt.

[0044] Bei Temperaturen unterhalb der Leidenfrost-Temperatur versagt der Sensor bzw. die Keramik je nach Werkstoff und Festigkeit mit unterschiedlichen Ausfallwahrscheinlichkeiten. Daraus kann ein keramischer Werkstoff abgeleitet werden, dessen Ausfallwahrscheinlichkeit unter allen Umständen einen definierten Wert nicht überschreitet.

[0045] In [Fig. 5](#) ist eine Ausfallwahrscheinlichkeit ϕ für Keramiken aus einem Material A (durchgezogene Kurve) und einem Material B (gestrichelte Kurve) gegenüber der Temperatur dargestellt.

[0046] Das Diagramm in [Fig. 5](#) zeigt, dass in bekannter Weise die Ausfallwahrscheinlichkeit aufgrund eines Thermoschocks mit steigender Temperatur zunimmt. Auch oberhalb der Leidenfrost-Temperatur T_{LT} steigt für bestimmte Materialien – hier beispielsweise Material A – die Ausfallwahrscheinlichkeit bis auf 100 % an. Überraschend zeigt sich jedoch, dass bei weiter zunehmender Temperatur die Ausfallwahrscheinlichkeit wieder sinkt. Für ein spezifisches Sensormaterial A, B kann so eine Schockresistenztemperatur $T_{3,A}$, $T_{3,B}$ festgelegt werden, bei der die Ausfallwahrscheinlichkeit ϕ einen geeigneten Grenzwert ϕ_{tol} unterschreitet. Je nach Anwendungsfall und Verbauung des Sensors sind beispielsweise Ausfallwahrscheinlichkeiten von 100 bis 1000 ppm tolerabel.

[0047] Durch eine geeignete Auswahl oder Design des Sensormaterials – beispielsweise durch Verändern der Oberflächenrauigkeit, der Porengröße, der Zusammensetzung des Substrats etc. – kann die Schockresistenztemperatur T_3 beeinflusst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Sensors, insbesondere eines Sensors aus einem keramischen Material, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor mindestens auf eine Schockresistenztemperatur (T_3) aufgeheizt wird, die größer ist als eine spezifizierte Betriebstemperatur.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Schockresistenztemperatur (T_3) in Abhängigkeit einer Ausfallwahrscheinlichkeit des Sensors festgelegt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Ausfallwahrscheinlichkeit (φ) des Sensors bei Schockresistenztemperatur (T_3) geringer ist als bei der spezifizierten Betriebstemperatur

4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem ein Messbetrieb des Sensors beginnt, sobald der Sensor die Schockresistenztemperatur (T_3) aufweist.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach dem Aufheizen des Sensors auf die Schockresistenztemperatur (T_3) der Sensor bei einer zweiten Betriebstemperatur (T_2) betrieben wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die zweite Temperatur (T_2) die spezifizierte Betriebstemperatur ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Sensor vor einem Aufheizen auf die Schockresistenztemperatur (T_3) zunächst auf eine erste Temperatur (T_1) aufgeheizt wird, die kleiner ist als die spezifizierte Betriebstemperatur.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Sensor vor einer Inbetriebnahme der Brennkraftmaschine auf die Schockresistenztemperatur (T_3) geheizt wird.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schockresistenztemperatur mindestens solange beibehalten wird, bis ein Taupunktende (t_{TPE}) erreicht ist.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schockresistenztemperatur (T_3) so festgelegt wird, dass die die Ausfallwahrscheinlichkeit (φ) einen tolerierten Grenzwert (φ_{tol}) unterschreitet.

11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schocktemperatur (T_3) mindestens so groß ist wie eine Leiden-

frost-Temperatur, ab der Wasser auf einer Oberfläche des Sensors einem Leidenfrost-Effekt unterliegt,

12. Vorrichtung zum Betreiben eines Sensors mit einem Temperaturvorgabemittel, das eine Heizung des Sensors beeinflusst, dadurch gekennzeichnet, dass das Temperaturvorgabemittel die Heizung des Sensors so betreibt, dass der Sensor mindestens eine Schockresistenztemperatur (T_3) aufweist, die größer ist als eine spezifizierte Betriebstemperatur.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

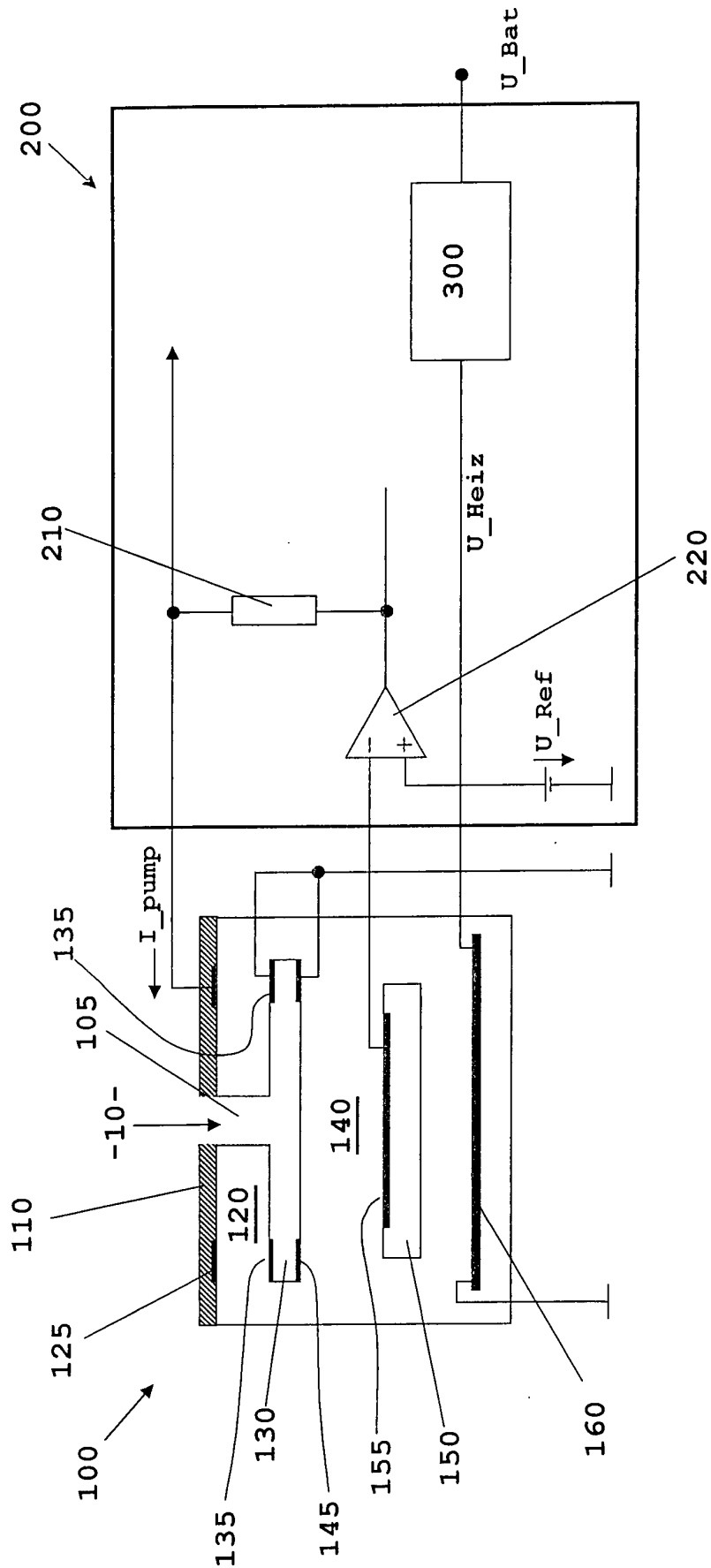
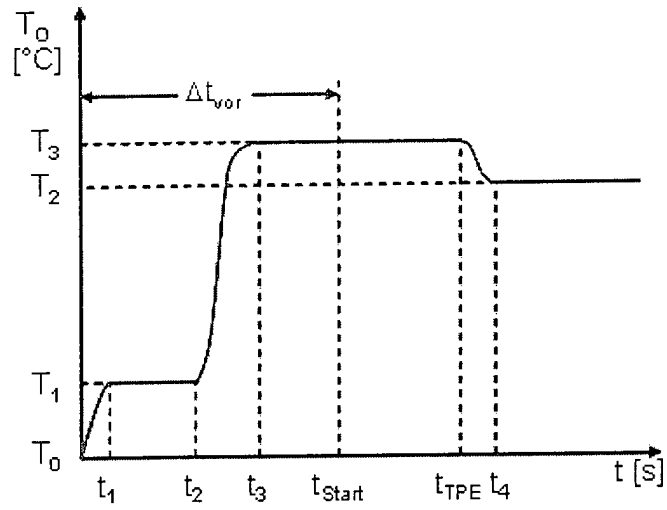
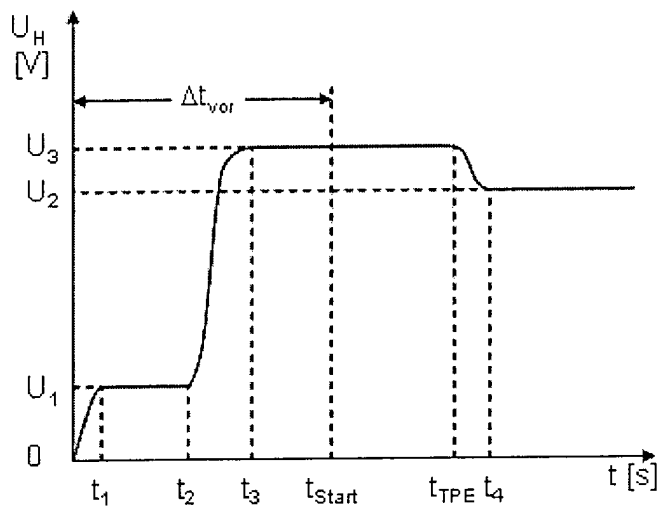


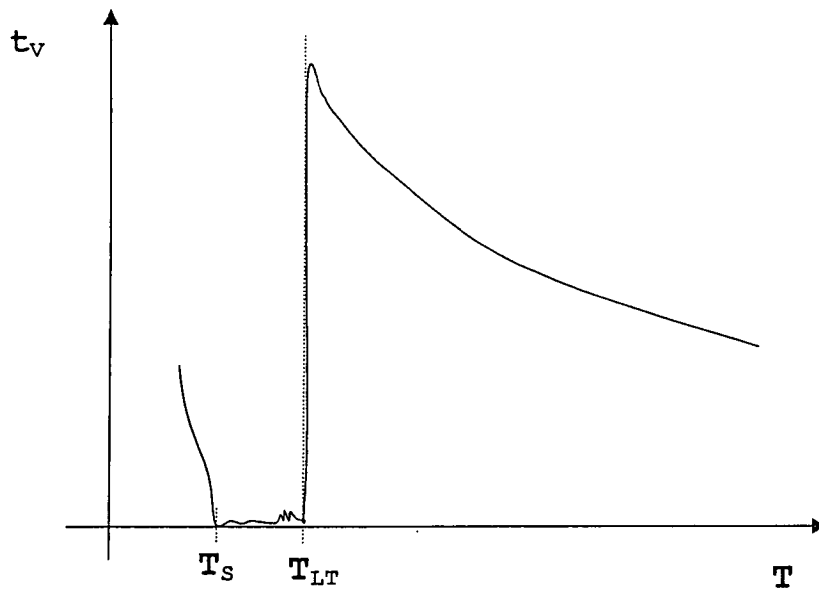
Fig. 1



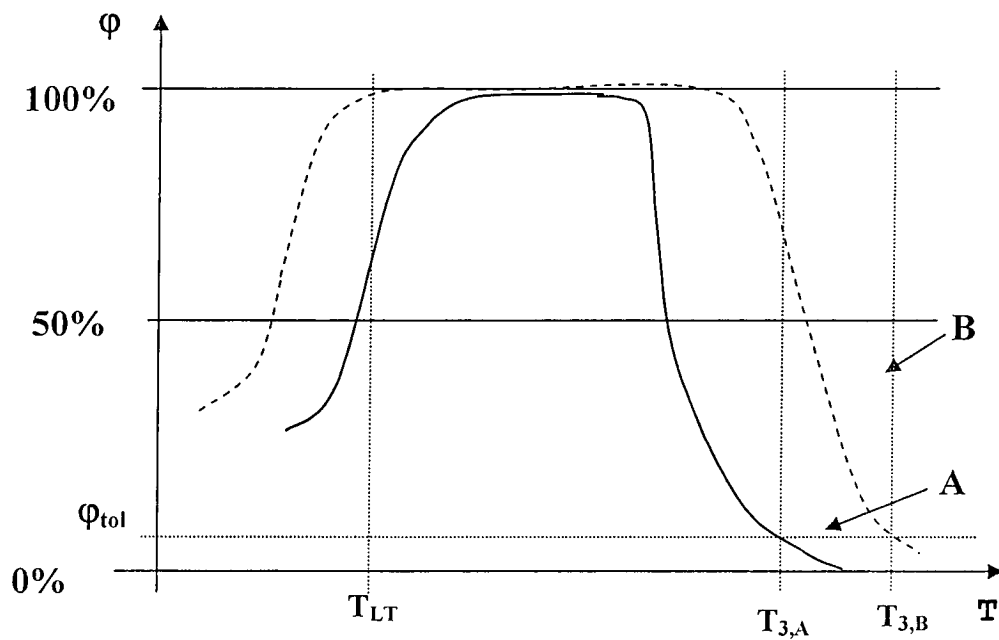
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5