



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 047 407 A1** 2008.04.10

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 047 407.4**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(43) Offenlegungstag: **10.04.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01N 27/406** (2006.01)  
**G01K 7/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

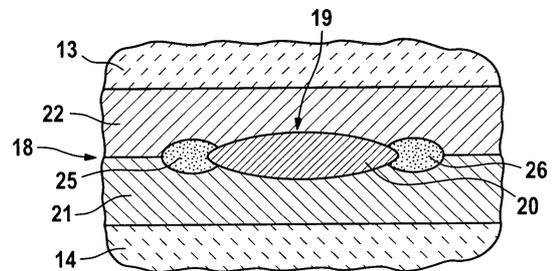
(72) Erfinder:

**Schmidt, Ralf, 70839 Gerlingen, DE; Nufer, Stefan,  
70565 Stuttgart, DE; Bartscherer, Peter, 66125  
Saarbrücken, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Sensorelement für einen Gassensor**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Sensorelement für einen Gassensor zur Bestimmung einer physikalischen Eigenschaft eines Messgases, insbesondere der Konzentration einer Gaskomponente oder der Temperatur des Messgases angegeben, der einen zwischen einer ersten und zweiten Heizerisolation (21, 22) angeordneten elektrischen Heizer (19) aufweist. Zur Steigerung der Robustheit und Lebensdauer des Sensorelements durch Abbau von am Heizer (19) auftretenden, mechanischen Spannungen ist zwischen der ersten und zweiten Heizerisolation (21, 22) seitlich des Heizers (9) mindestens eine bis an den Heizer (9) reichende Einbettung (25, 26) mit risswachstumshemmenden Eigenschaften eingeschlossen. Vorzugsweise erstrecken sich zwei Einbettungen (25, 26) links und rechts längs den Seitenkanten der mäanderförmig verlaufenden Leiterbahn (20) des elektrischen Heizers (19) und folgen deren mäanderförmigem Verlauf.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Sensorelement für einen Gassensor zur Bestimmung einer physikalischen Eigenschaft eines Messgases, insbesondere der Konzentration einer Gaskomponente oder der Temperatur des Messgases, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Bei einem bekannten Sensorelement für einen Gassensor, insbesondere zum Einsatz in der Abgasanalyse von Verbrennungsmotoren (DE 100 58 643 A1), ist der elektrische Heizer zwischen einer oberen und unteren Schicht einer ersten Isolierung eingebettet. Die erste Isolierung ist ihrerseits zwischen einer oberen und unteren Schicht einer zweiten Isolierung angeordnet. Die beiden Isolierungen enthalten als wesentlichen Bestandteil Aluminiumoxid, wobei die erste Isolierung einen Porenanteil von 8 Vol% und die zweite Isolierung einen Porenanteil von 3 Vol% aufweist. Durch die erste Isolierung mit dem höheren Porenanteil und der damit höheren Elastizität wird die Gefahr der Rissbildung, insbesondere beim Aufheizen des Sensorelements, verringert und durch die zweite Isolierung mit dem kleineren Porenanteil werden Leckströme reduziert.

**[0003]** Bei einem ebenfalls bekannten, schichtförmig aufgebauten Sensorelement für einen Gassensor (DE 103 05 533 A1) ist der aus einer mäanderförmigen Leiterbahn bestehende elektrische Heizer in einer Heizerisolierung eingebettet. An der einen Großfläche der Leiterbahn ist ein Hohlraum vorgesehen, dessen Breite gleich der oder größer als die Breite der Großfläche ist. Der Hohlraum kann mit porösem Material gefüllt sein, das vorzugsweise einen Porenanteil vom 30 bis 40 Vol% aufweist. Durch den Hohlraum bzw. das poröse und damit elastische Material steht bei Erwärmung des Sensorelements dem Heizer ein Volumen zur Verfügung, in das der metallische Heizer sich ausdehnen kann, ohne dass die Heizerisolierung hierdurch zusätzlichen mechanischen Spannungen ausgesetzt ist. Dadurch wird eine Rissinitiierung in der Heizerisolierung weitgehend reduziert.

**[0004]** Bei einem ebenfalls bekannten, planaren Sensorelement für einen Gassensor (JP 2005-135869 A) wird der eine mäanderförmige Leiterbahn aufweisende elektrische Heizer auf eine erste Isolationsschicht einer Heizerisolierung aufgedruckt. Dann wird der aufgedruckte Heizer in einem Pressvorgang teilweise in die erste Isolationsschicht eingepresst. Anschließend wird die zweite Isolationsschicht über den Heizer hinweg auf die erste Isolationsschicht aufgedruckt. Bei dem Einpressvorgang, der die Haftung und das Aufdrucken der zweiten Isolationsschicht verbessert, entstehen spitz zulaufende

Kanten an den Längsseiten der Leiterbahn, die für die umgebende Heizerisolierung eine Kerbe mit geringem Kerbenradius darstellt und zur Erhöhung lokaler Spannungen in der Heizerisolierung führt, in deren Folge sich Risse bilden, die zu einer Delaminierung und Schädigung des Heizerbereichs führen.

## Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Der erfindungsgemäße Gassensor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass die durch den Einpressvorgang des Heizers entstehenden, spitz zulaufenden Seitenkanten nicht mehr direkt an dem Keramikmaterial der Heizerisolierung anliegen, sondern in die seitlich, vorzugsweise rechts und links, des Heizers vorhandene Einbettung eintauchen. Die starke Erhöhung lokaler mechanischer Spannungen durch den geringen Kerbradius an den spitzen Seitenkanten des metallischen Heizers treten somit nicht mehr in der Keramik auf, sondern in der wesentlich resistenteren Einbettung. Durch die risswachstumhemmende Eigenschaft der Einbettung kann ein an den Seitenkanten des Heizers initiiertes Riss sich nur in geringem Umfang ausbilden und nicht aus der Einbettung in die Heizerisolierung hinein austreten. Auch die durch unterschiedliche Temperaturgradienten in Heizer und Heizerisolierung beim Aufheizen des Sensorelements entstehenden mechanischen Spannungen aufgrund des größeren Wärmeausdehnungskoeffizienten des metallischen Heizers werden in den Einbettungen aufgenommen und führen nicht zur Rissbildung in der Heizerisolierung.

**[0006]** Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebene Gassensors möglich.

**[0007]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Einbettung ein Material auf, dessen Elastizitätsmodul kleiner ist als der Elastizitätsmodul des Materials der Heizerisolierung, wenn eine gleiche Porosität beider Materialien zugrunde gelegt wird, und der Elastizitätsmodul der Einbettung ist kleiner als der Elastizitätsmodul der Heizerisolierung. Durch das im Vergleich zur Keramik der Heizerisolierung weichere Material der Einbettung wird infolge elastischer Verformung Energie abgebaut und ein anfänglich sich aufbauender Riss am Weiterlaufen und am Austreten zur Keramik hin verhindert.

**[0008]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Einbettung Material mit bezüglich der Rissausbreitung anisotropen Eigenschaften auf. So kann z.B. das Material in der Einbettung gegenüber dem Material der Heizerisolierung stärker ausgeprägtere Spaltebenen aufweisen. Durch ein solches Material werden initiierte Risse umgelenkt und verlieren an Energie, was sie am Weiterlaufen in-

nerhalb der Einbettung hindert.

**[0009]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung können in der Einbettung sowohl Material mit gegenüber dem Material der Heizerisolation kleinerem Elastizitätsmodul als auch Material mit bezüglich der Rissausbreitung anisotropen Eigenschaften in unterschiedlichen oder gleichen Anteilen enthalten sein. Auch kann die Einbettung einen vorzugsweise unmittelbar am Heizer anliegenden Hohlraum aufweisen. Durch Vergrößerung des Kerbradius des Risses bei Eintritt in den Hohlraum reichen die mechanischen Spannungen nicht mehr aus, um die Risse weiterlaufen zu lassen.

**[0010]** Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Heizerisolation eine zwischen den beiden Heizerisolationen angeordnete Zwischenschicht aus vorzugsweise gleichem Isolationsmaterial auf und ist mit mindestens einer Aussparung versehen, in der der Heizer mit den sich vorzugsweise beidseitig anschließenden Einbettungen einliegt. Durch diese Zwischenschicht der Heizerisolation werden die Seitenkanten des Heizers aus den Bereich der Grenzflächen der mit schwachem Zusammenhalt aufeinanderliegenden beiden Heizerisolationen heraus verlagert, wodurch eine zusätzliche Stabilität und Rissausbreitungsresistenz entsteht. Auf das Einpressen des Heizers, wie es nach dem Aufdrucken des Heizers auf die erste Heizerisolation üblicherweise durchgeführt wird, kann verzichtet werden, so dass die Seitenkanten des Heizers weit weniger scharf ausgeprägte, die Rissbildung fördernde Spitzen oder Kanten aufweisen. Bei geringerer Anforderung an die Rissresistenz ist es dann ausreichend, den Heizer ohne Einbettungen in die Aussparung der Zwischenschicht einzudrücken. In diesem Fall wird die Aussparung an die Form des zu drückenden Heizers angepasst und die gedruckte Zwischenschicht stellt eine Negativform des Heizerlayouts dar.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0011]** Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

**[0012]** [Fig. 1](#) einen Querschnitt eines Sensorelements für einen Gassensor,

**[0013]** [Fig. 2](#) ausschnittsweise einen Schnitt längs der Linie II-II in [Fig. 1](#),

**[0014]** [Fig. 3](#) eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts III in [Fig. 1](#),

**[0015]** [Fig. 4](#) eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts IV in [Fig. 1](#) eines modifizierten Sensorele-

ments.

**[0016]** Das in [Fig. 1](#) schematisiert im Querschnitt dargestellte Sensorelement ist für den Einsatz in einer Lambdasonde im Abgasstrang eines Verbrennungsmotors konzipiert und ist beispielhaft für allgemeine Sensorelemente für Gassensoren zur Bestimmung physikalischer Eigenschaften von Messgasen, wie die Konzentration einer Gaskomponente oder der Temperatur des Messgases beschrieben, die alle einen integrierten elektrischen Heizer besitzen. Beispiele hierfür sind ein Sensorelement für einen Temperaturmessfühler, ein Sensorelement für einen Stickoxidmessfühler und ein Sensorelement für einen Luft- oder Gasdruckmessfühler.

**[0017]** Das Sensorelement weist eine erste, zweite, dritte und vierte Festelektrolytschicht **11**, **12**, **13**, **14** z.B. aus yttriumstabilisiertem Zirkoniumoxid auf, von denen beispielsweise die Festelektrolytschichten **11**, **13** und **14** als keramische Folien ausgeführt sind, während die Festelektrolytschicht **12** als pastöses, keramisches Material auf die Festelektrolytschicht **11** aufgebracht ist. In die zweite Festelektrolytschicht **12** ist ein Referenzgasraum **15** eingebracht, der von einem Referenzgas mit einer hohen Sauerstoffkonzentration, z.B. von Umgebungsluft, beaufschlagt ist. Auf die erste Festelektrolytschicht **11** ist innerhalb des Referenzgasraums **15** eine Mess- oder Nernstelektrode **16** aufgebracht. Auf der von der Messelektrode **16** abgekehrten Außenseite der ersten Festelektrolytschicht **11** ist eine Außenelektrode **17** angeordnet. Messelektrode **16** und Außenelektrode **17** bilden zusammen mit der dazwischenliegenden Festelektrolytschicht **11** eine elektrochemische Zelle, eine sog. Nernstzelle. Die erste und die dritte Festelektrolytschicht **11**, **13** begrenzen den Referenzgasraum **15** auf dessen Ober- und Unterseite. Zwischen der dritten Festelektrolytschicht **13** und der vierten Festelektrolytschicht **14** ist ein in einer elektrischen Isolierung **18** integrierter, elektrischer Heizer **19** angeordnet. Die Heizerisolation **18** weist eine untere, erste Heizerisolation **21** und eine obere, zweite Heizerisolation **22** auf. Die beiden Heizerisolationen **21**, **22** sind als Isolationsschichten aus Isoliermaterial ausgeführt, wobei die erste Heizerisolation **21** als Isolationsschicht auf die vierte Festelektrolytschicht **14** aufgebracht und der elektrische Heizer **19** zwischen den beiden Schichten angeordnet ist. Der elektrische Heizer **19** liegt dabei in der Grenzfläche der aufeinanderliegenden Schichten. Die beiden Heizerisolationen **21**, **22** bestehen aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), das mit Silizium (Si), Kalzium (Ca) versetzt ist. Der elektrische Heizer **19** weist eine mäanderförmig verlegte, metallische Leiterbahn **20**, z.B. aus Platin, auf, die auf die erste Heizerisolation **21** aufgedruckt und an zwei ebenfalls aufgedruckte Stromzuführungen **23**, **24** ([Fig. 2](#)) angeschlossen ist. Beidseitig des elektrischen Heizers **19** ist zwischen der ersten und zweiten Heizerisolation **21**, **22** jeweils eine bis an den Heizer

**19** reichende Einbettung **25** bzw. **26** mit risswachstumshemmenden Eigenschaften eingeschlossen. Die Einbettungen **25**, **26** folgen dem mäanderförmigen Verlauf der Leiterbahn **20**, so dass jeweils eine Einbettung **25** sich längs einer Seitenkante der Leiterbahn **20** erstreckt.

**[0018]** Die risswachstums- bzw. rissausbreitungshemmenden Eigenschaften der Einbettungen **25**, **26** werden in verschiedener Weise realisiert. In einer ersten Ausführungsform besteht die Einbettung **25**, **26** aus einem Material, dessen Elastizitätsmodul kleiner ist als der Elastizitätsmodul des Keramikmaterials der Heizerisolation **18**, wenn man eine gleiche Porosität der Materialien zugrundelegt. Vorzugsweise ist dieser Elastizitätsmodul des Einbettungsmaterials um mindestens 15% niedriger. Insgesamt ist dieser auf eine gleiche Porosität bezogener Elastizitätsmodul der Einbettung **25**, **26** kleiner als der Elastizitätsmodul der Heizerisolationen **21**, **22**, wobei bevorzugt der Elastizitätsmodul um 15% niedriger gewählt wird. Zur Realisierung dieses Elastizitätsmoduls weist das Material der Einbettung **25**, **26** Lanthan-Phosphat ( $\text{LaPO}_4$ ) oder Titan-Aluminiumoxid ( $\text{TiAl}_2\text{O}_5$ ) auf, und zwar bevorzugt mit einem Anteil von mindestens 20 Gew%.

**[0019]** In einer weiteren Ausführung der Einbettungen **25**, **26** bestehen diese aus einem Material mit bezüglich der Rissausbreitung anisotropen Eigenschaften. Vorzugsweise weist dieses Material gegenüber dem Keramikmaterial der Heizerisolationen **21**, **22** stärker ausgeprägtere Spaltebenen auf. Ein solches Material enthält insbesondere Lanthan-Aluminiumoxid ( $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$ ) als Zusatz und zwar mit einem Anteil von mindestens 30 Gew%.

**[0020]** In den beiden vorgenannten Beispielen der Ausführung der Einbettung **25**, **26** kann jede Einbettung **25**, **26** vollständig aus dem jeweils genannten Material bestehen. Es ist aber auch möglich, beide Materialien zur Herstellung der Einbettungen **25**, **26** zu verwenden. Außerdem kann zusätzlich in jeder Einbettung **25**, **26** noch ein Hohlraum vorhanden sein, der vorzugsweise sich unmittelbar an die spitz zulaufenden Kanten der Leiterbahn **20** anschließt. Dabei ist auch möglich, dass beide Einbettungen **25**, **26** ausschließlich von einem Hohlraum gebildet werden.

**[0021]** In [Fig. 4](#) ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des Sensorelements im Querschnitt ausschnittsweise dargestellt, wobei, insoweit Übereinstimmung mit dem bereits beschriebenen Sensorelement besteht, gleiche Bezugszeichen verwendet worden sind. Gegenüber dem beschriebenen Sensorelement ist lediglich die Heizerisolation **18** modifiziert, und zwar in der Weise, dass zwischen der ersten Heizerisolation **21** und der zweiten Heizerisolation **22** eine Zwischenschicht **27** aus gleichem Isolationsmaterial an-

geordnet ist. Die Zwischenschicht **27** ist mit einer Aussparung **28** versehen, in der der Heizer **19** und die beidseitig sich an den Heizer **19** anschließenden Einbettungen **25**, **26** einliegen. Die Einbettung **25**, **26** sind wie vorstehend beschrieben ausgeführt, weisen also ein Material mit kleinerem Elastizitätsmodul oder ein Material mit bezüglich der Rissausbreitung anisotropen Eigenschaften oder eine Kombination dieser beiden Materialien auf, wozu noch – wie beschrieben – Hohlräume vorgesehen sein können. Die Zwischenschicht **27** ist auf die erste Heizerisolation **21** unter Ausbildung der Aussparung **28** aufgedruckt. Entsprechend dem Verlauf der mäanderförmigen Leiterbahn **20** des elektrischen Heizers **19** zeigt die Aussparung **28** in der Zwischenschicht **27** ebenfalls einen mäanderförmigen Verlauf. In die Aussparung **28** sind die metallische Leiterbahn **20** des elektrischen Heizers **19** und die beiden entlang der Leiterbahn **20** verlaufenden Einbettungen **25**, **26** eingedruckt. Damit ist der metallische Heizer **19** – anders als bei dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel des Sensorelements – nicht mehr in der Grenzfläche zwischen erster und zweiter Heizerisolation **21**, **22** angeordnet, sondern von dort in die Zwischenschicht **27** verlagert. Der vorstehend erwähnte Einpressvorgang nach Aufdrucken des Heizers **19** auf die erste Heizerisolation **21** entfällt, so dass auch die dadurch bedingten, spitz zulaufenden Seitenkanten nicht auftreten und die Seitenkanten einen größeren Kerbradius bilden. Die zweite Heizerisolation **22** ist dann auf Zwischenschicht **27**, Leiterbahn **20** und Einbettungen **25**, **26** aufgedruckt.

**[0022]** Die Heizerisolationen **21**, **22** können nicht nur als auf einem Träger oder ein Substrat aufgebrachte Schichten aus Isoliermaterial ausgebildet sein, sondern auch den Träger oder das Substrat selbst bilden, der bzw. das dann aus Isoliermaterial besteht. Beispielsweise kann die als Folie ausgeführte Festelektrolytschicht durch eine Folie aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ersetzt werden. Dann wird die untere, erste Heizerisolation **21** von der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Folie gebildet und eine – wie in [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) dargestellt – gesonderte Schicht **21** aus Isolationsmaterial entfällt.

**[0023]** In speziellen Fällen genügt auch das Vorsehen einer einzigen Einbettung, die längs einer Seitenkante des elektrischen Heizers verläuft. Beispielfähig könnten bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten Heizer die beiden äußeren Einbettungsabschnitte, die nahe am Rand des Sensorelements liegen, eingespart werden, da in dem Randbereich sich bildende, nach außen laufende Risse die Funktionsfähigkeit und die Standzeit des Sensorelements nicht wesentlich beeinträchtigen.

## Patentansprüche

1. Sensorelement für einen Gassensor zur Bestimmung einer physikalischen Eigenschaft eines

Messgases, insbesondere der Konzentration einer Gaskomponente oder der Temperatur des Messgases, mit einem elektrischen Heizer (19), der zwischen einer ersten und zweiten Heizerisolation (21, 22) einer Heizerisolation (18) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der ersten und zweiten Heizerisolation (21, 22) seitlich neben dem Heizer (19) mindestens eine bis an den Heizer (19) reichende Einbettung (25, 26) mit risswachstumshemmenden Eigenschaften eingeschlossen ist.

2. Sensorelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26) ein Material aufweist, dessen Elastizitätsmodul kleiner ist als der Elastizitätsmodul des Materials der Heizerisolation (18) bei Zugrundelegen gleicher Porosität der Materialien und dass der Elastizitätsmodul der Einbettung (25, 26) kleiner ist als der Elastizitätsmodul der Heizerisolation (18).

3. Sensorelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Elastizitätsmodul der Einbettung (25, 26) um mindestens 15% geringer ist als der Elastizitätsmodul der Heizerisolation (18).

4. Sensorelement nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Material in der Einbettung (25, 26) einen Elastizitätsmodul aufweist, der um mindestens 15% niedriger ist als das Material der Heizerisolation (18) bei Zugrundelegen gleicher Porosität der Materialien.

5. Sensorelement nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26)  $\text{LaPO}_4$  oder  $\text{TiAl}_2\text{O}_5$  aufweist, insbesondere mit einem Anteil von mindestens 20 Gew%.

6. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26) Material mit bezüglich der Rissausbreitung anisotropen Eigenschaften aufweist.

7. Sensorelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26) ein Material mit gegenüber dem Material der Heizerisolation (18) stärker ausgeprägteren Spaltebenen aufweist.

8. Sensorelement nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26)  $\text{LaAl}_{11}\text{O}_{18}$  aufweist, vorzugsweise mit einem Anteil von mindestens 30 Gew%.

9. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbettung (25, 26) einen vorzugsweise an den Heizer (19) angrenzenden Hohlraum aufweist.

10. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten und zweiten Heizerisolation (21, 22) eine aus

Isolationsmaterial bestehende Zwischenschicht (27) mit mindestens einer Aussparung (28) angeordnet ist und dass der Heizer (19) und die mindestens eine seitlich davon liegende Einbettung (25, 26) in der mindestens einen Aussparung (28) aufgenommen sind.

11. Sensorelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht (27) auf die erste Heizerisolation (21) unter Ausbildung der mindestens einen Aussparung (28) aufgedruckt ist und dass der Heizer (19) und die mindestens eine Einbettung (25, 26) in die mindestens eine Aussparung (28) eingedruckt sind und die zweite Heizerisolation (22) auf Zwischenschicht (27), Heizer (19) und Einbettung (25, 26) aufgedruckt ist.

12. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizer (19) eine mäanderförmig verlaufende, metallische Leiterbahn (20) aufweist und dass die mindestens eine Einbettung (25, 26) längs einer Seitenkante der Leiterbahn (20) deren mäanderförmigen Verlauf folgt.

13. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizerisolation (21, 22) aus mit Additiven versetztem  $\text{Al}_2\text{O}_3$  besteht.

14. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass auf beiden Seiten des Heizers (19) je eine bis an den Heizer (19) reichende Einbettung (25, 26) vorgesehen ist.

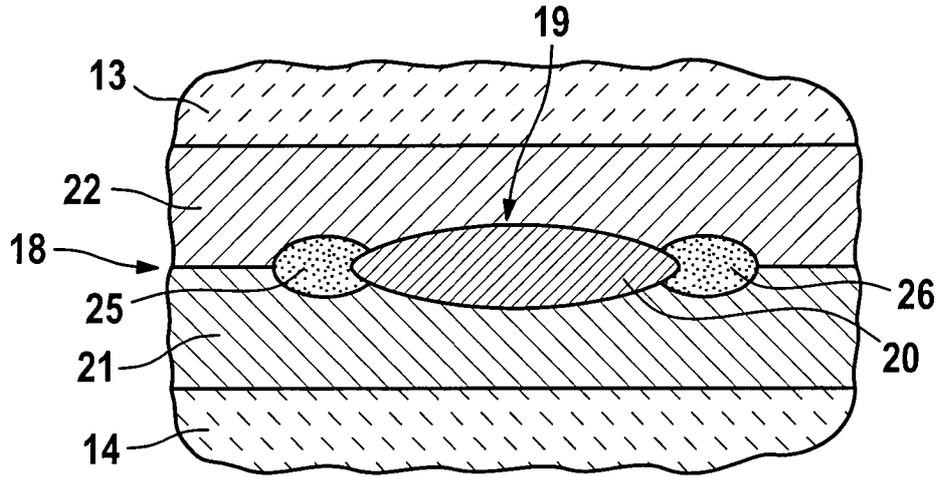
15. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Heizerisolation (21) eine auf einen Träger, vorzugsweise auf einer Festelektrolytfolie (14), aufgebrachte Schicht aus Isolationsmaterial ist.

16. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Heizerisolation (21) von einem Substrat aus Isoliermaterial, vorzugsweise aus einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Folie, gebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



**FIG. 3**



**FIG. 4**

