

51

Int. Cl. 2:

G 01 T 1/28

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

G 01 T 3/00

DEUTSCHES PATENTAMT



DT 27 11 502 A 1

11

Offenlegungsschrift 27 11 502

21

Aktenzeichen: P 27 11 502.2

22

Anmeldetag: 16. 3. 77

43

Offenlegungstag: 6. 10. 77

30

Unionspriorität:

32 33 31

17. 3. 76 USA 667684

54

Bezeichnung: Strahlungsmeßfühler

71

Anmelder: Rosemount Inc., Eden Prairie, Minn. (V.St.A.)

74

Vertreter: Richter, J., Dipl.-Ing.; Werdermann, F., Dipl.-Ing.;
Splanemann, R., Dipl.-Ing.; Reitzner, B., Dipl.-Chem. Dr.; Pat.-Anwälte,
8000 München u. 2000 Hamburg

72

Erfinder: Brown, William L., Minneapolis; Geronime, Robert L., Rosemount;
Minn. (V.St.A.)

DT 27 11 502 A 1

A n s p r ü c h e

1. Strahlungsmeßfühler, gekennzeichnet durch eine langgestreckte, übergangsfreie äußere Hülle (11), wenigstens einen Leitungsdraht (12) zur Signalübertragung in der äußeren Hülle, eine Isolierung (14), die den Draht umgibt und ihn isoliert im Abstand von der äußeren Hülle hält, wobei eines der Enden des Drahtes in einem Fühlerelement zur Strahlungsmessung endet, ein Verschlusselement, das das Ende der äußeren Hülle (11) verschließt und ein Stützteil (15) in der Hülle bildet, um das das Ende der Hülle geformt ist, und eine Schweißstelle, die das Ende der Hülle und das Stützteil verbindet, um das Ende der Hülle an den Meßfühler zu schließen.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung (14) aus zerkleinerten und um den Leitungsdraht (12) dicht angeordneten Siliziumdioxidfasern besteht.
3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Hülle (11) ursprünglich einen Durchmesser hat, der größer als die endgültige Größe ist, daß das Siliziumdioxid-Isoliermaterial (14) zu einer lose gewebten Hülse aus Siliziumdioxidfasern geformt wird, die den Draht umgibt und dann in der Hülle angeordnet wird, die danach durch ein Formwerkzeug zur Verringerung der Größe der Hülle und zur dichten Anordnung der Siliziumdioxidfasern um den Draht geformt wird.
4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht (12) im wesentlichen in der Mitte der äußeren Hülle (11) angeordnet ist, und daß das Fühlerelement aus einem Emitterelement (13) besteht, das mit dem Leitungsdraht (12) verschweißt ist.

5. Anordnung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen zweiten Draht, und dadurch, daß die beiden Drähte (37, 38) einen Meßfühler bilden, der aus einer Verbindungsstelle der beiden Drähte besteht, und daß die beiden Drähte zur Bildung eines Thermoelements ausgewählt sind.
6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht (12) bezüglich der äußeren Hülle (11) an dem dem Fühlerelement entgegengesetzten Ende der Hülle hermetisch abgedichtet ist.
7. Verfahren zur Herstellung eines Strahlungsmeßfühlers, dessen Länge gegenüber dem Durchmesser groß ist, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Leitungsdraht vorgesehen wird, der in einem Fühlerelement endet, daß lose verwobene langgestreckte Fasern dielektrische Materials über dem Leitungsdraht und dem Fühlerelement angeordnet werden, daß die Anordnung des Leitungsdrahtes und des dielektrischen Materials in einer äußeren Hülle größeren Durchmessers als der Enddurchmesser des Fühlers angeordnet wird, und daß der Durchmesser der äußeren Hülle in einem Formvorgang zur dichten Anordnung des lose gewobenen Materials um den Leitungsdraht verringert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Emitterelement an dem Ende des Leitungsdrahtes zur Bildung des Fühlerelements vor der Umgebung des Leitungsdrahtes mit dem lose gewobenen Isoliermaterial angeschweißt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Stift innerhalb der Hülle nahe dem Ende des Fühlerelements durch das offene Ende der Hülle im

Abstand und isoliert von dem Fühlerelement angeordnet wird, und daß das offene Ende der Hülle um den Stift gebogen und an dem Stift verschlossen wird.

10. Neutronenmeßfühler, gekennzeichnet durch einen geraden Leitungsdraht (12), ein gerades Fühlerelement (13), das endweise mit dem Leitungsdraht verbunden ist, eine Isolierschicht (14) über dem Leitungsdraht und dem Fühlerelement, das zunächst aus einer kontinuierlichen Hülle aus lose verbundenen Fasern besteht, die ungebrochen sind und sich über die gesamte nutzbare Länge des Fühlerelements und des Leitungsdrahtes erstrecken, eine äußere Hülle (11), die die Isolierschicht umgibt und gegen die Hülle gedrückt wird, um die Dichte der Isolierschicht ausreichend zu erhöhen und den Leitungsdraht und das Fühlerelement bezüglich der Hülle mit ausreichender Sicherheit zur Erzielung zuverlässiger Strahlungsintensitätsanzeigen mechanisch zu halten.
11. Fühler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle aus Fasern aus im wesentlichen reinem Siliziumdioxid bestehen.
12. Fühler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Leitungsdraht (12) und das Fühlerelement (13) durch eine Stumpfschweißnaht ohne wesentliche Änderung des Durchmessers in dem Schweißbereich endweise verbunden sind.
13. Fühler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (11) aus einem Rohr aus Metall besteht, das über die Länge des Teils im wesentlichen homogen ist, der den Leitungsdraht und das Fühlerelement umgibt.

14. Fühler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (11) gegen die Hülse gedrückt ist, um die Dichte der Isolierschicht in dem Bereich von 35 bis 73 % der Dichte der Isoliermaterialfasern zu erhöhen.

15. Fühler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Hülle (11) gegen die Hülse gedrückt ist, um die Dichte der Isolierschicht in dem Bereich von 58 bis 73 % der Dichte massiven Faserisoliermaterials zu erhöhen.

R. SPLANEMANN
DIPL.-ING.DR. B. REITZNER
DIPL.-CHEM.J. RICHTER
DIPL.-ING.F. WERDERMANN
DIPL.-ING.

MÜNCHEN

HAMBURG

5

Rosemount Inc.

Eden Prairie, Minn./USA

8000 MÜNCHEN 2 16. März 1977
Tel 13
Telefon (089) 22 62 07 / 22 62 09
Telegramme: Inventius München

Unsere Akte: 4121-I-9911

Ihr Zeichen:

Patentanmeldung

Strahlungsmeßfühler

Die Erfindung bezieht sich auf Strahlungsmeßfühler zur Verwendung innerhalb des Kerns von Kernreaktoren.

Strahlungsmeßfühler, die keine externe Energie benötigen, sondern nur einen Emitter, einen Kollektor und Isoliermaterial zwischen diesen zur Erzeugung eines elektrischen Stroms haben, der eine Anzeige der Intensität der Strahlung ist, sind bekannt. Z.B. ist in dem in der UDSSR veröffentlichten Artikel "Atomnaya Enegriya", Band 10, Nr. 1, Seiten 72 bis 73, Januar 1961, ein Strahlungsmesser unter Verwendung eines Emitters, eines Kollektors und eines dielektrischen Materials zwischen diesen für Messungen der Werte eines Neutronenstroms beschrieben. Eine Vorrichtung ähnlicher Art ist in der US-PS 3 375 370 gezeigt.

Das Funktionsprinzip solcher Strahlungsmeßfühler ist bekannt, jedoch besteht weiterhin das Problem der Herstellung zuverlässiger Meßfühler. Diese Meßfühler haben im allgemeinen einen geringen Durchmesser, jedoch eine erhebliche Länge. Z.B. können die Meßfühler einen

709840/0760

Durchmesser im Bereich von etwa 1,6 mm, jedoch eine Länge von 9 bis 40 m haben.

Derzeit werden weitestgehend Rhodium-Emitter verwendet, die gegen einen äußeren Metalleiter isoliert sind, der für den Neutronenstrom wesentlich transparenter als Rhodium ist, jedoch gibt es keine zufriedenstellenden Konstruktionen, die zur Verwendung in einem Kernreaktor geeignet sind. Das allgemein verwendete Isoliermaterial ist ein Keramikmaterial, und vor allem werden weitgehend sehr dichte Aluminium- oder Magnesiumoxidisolatoren verwendet. Im allgemeinen werden eine Art Kabel mit einer äußeren Hülle und innere Keramikisolatoren, die einen Leitungsdraht umgeben, zusammengebaut und dann mechanisch zusammengepreßt. Durch das Zusammenpressen ergibt sich eine Dichte der Isolierung von typischerweise 85 % eines massiven Materials und auch eine Streckung oder andere Deformation des inneren Drahtes. Die gleiche Montagetechnik wurde für den Rhodiumfühler angewandt. Die Fühleranordnung wird dann mit dem Kabel verlötet, wobei der Fühler mit dem mittleren Leitungsdraht verlötet wird, und die beiden äußeren Umhüllungen werden miteinander verlötet. Dieser Vorgang führt zu zwei Lötstellen in einem Bereich, wo die Strahlung hoch ist, und solche Lötstellen führen zu vielen Fehlern. Wenn die Lötstelle zwischen den beiden äußeren Umhüllungen bricht, zerstört Feuchtigkeit die Isoliereigenschaften des Isoliermaterials und der Fühler ist nicht mehr verwendbar. Auch kann die Lötstelle zwischen dem Leitungsdraht, der typischerweise eine Nickellegierung wie Inconel ist, und dem Rhodiumelement selbst brechen.

Isoliermaterialien wie Magnesium- und Aluminiumoxid absorbieren erhebliche Mengen der geladenen Partikel, die von dem Rhodiumemitter emittiert werden, so daß eine hohe Dichte des Isoliermaterials den Signalpegel ver-

ringert. Vor allem bei Magnesiumoxid ist es nahezu unmöglich, ein Stück der Isolierung, das entweder bei der Herstellung oder durch eine falsche Handhabung zu einem späteren Zeitpunkt feucht geworden ist, ausreichend zu trocknen.

Der übliche Weg der Montage langer Stücke eines Magnesium- oder Aluminiumoxidkabel besteht darin, mit relativ kurzen (etwa 15 cm) gegossenen zylindrischen Stücken des Isoliermaterials zu beginnen, die über einen Draht geschoben werden, und dann die Isoliermaterialstücke in einem Rohr anzuordnen, das danach durch eine Form- oder Quetschmaschine gezogen wird, um das äußere Metallrohr gegen die keramischen zylindrischen Abschnitte und dann gegen den inneren Draht zu drücken. Dies kann zu Kerben in dem leitenden Draht zwischen den einzelnen Stücken und in bestimmten Fällen zum Bruch des Drahtes führen, da das Material zusammengepreßt und verdichtet werden muß, bevor sich Ergebnisse erzielen lassen. Außerdem kann die Lage der gegossenen zylindrischen Stücke erheblich von der Mittelachse abweichen, so daß sich eine schlechte radiale Symmetrie des Drahtes bezüglich des Rohres ergibt. Bei der Herstellung relativ großer Längen, die für Kernmeßfühler ohne Spleißstellen erforderlich sind, ist es üblich, die Anordnung mehrmals zu ziehen und zu quetschen. Dies führt zu einer ungleichmäßigen Verformung und Schwächung des Drahtes. Außerdem ist es nahezu unmöglich, das keramische Rohr vollständig gleichmäßig zu gießen, so daß die sich ergebende Struktur nach dem Ziehen ein Draht ist, der in einem äußeren Rohr gehalten wird und normalerweise nicht in der Mitte des Rohres über dessen gesamte Länge liegt, sondern längs des Rohres gewunden verläuft. Emitter, die bei verschiedenen Sensoren keinen gleichmäßigen Querschnitt haben oder nicht zentrisch liegen, führen zu nicht austauschbaren Ausgangssignalen und im Anwendungsfall zu Schwierigkeiten bei der Messung.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Fühler für einen Nuklearreaktorkern, der derart hergestellt werden kann, daß Löt- oder Spleißstellen vermieden werden, und daß Isoliermaterial mit relativ geringer Dichte verwendet werden kann, das den Emitter und den Leitungsdraht bezüglich der äußeren Hülle ohne Verformung oder Änderung der Geometrie des zentralen Drahtes oder Emitters mittig anordnet.

Der Fühler besteht aus einem Leitungsdraht aus Inconel oder einem ähnlichen Material, einem Emitter aus Rhodium oder einem anderen geeigneten Material, der mit dem einen Ende des Leitungsdrahtes verschweißt ist, einer äußeren Metallhülle und einem Isoliermaterial zunächst in gewebter oder geflochtener Form zwischen der Anordnung aus dem Leitungsdraht und dem Emitter und der äußeren Hülle.

Die Hülle ist über ihre gesamte Länge kontinuierlich. Es ist keine Verbindungsstelle vorhanden, bei der zwei Abschnitte der Hülle miteinander verlötet sind, und die Verbindungsstelle zwischen dem Inconel-Leitungsdraht und dem Rhodiumelement ist geschweißt, so daß sie gegen eine Beschädigung durch die Kernstrahlung im Vergleich zu einer Lötstelle relativ immun ist.

Bei der Herstellung hat die Isolierung zunächst die Form eines Gewebes aus Siliziumdioxid, das einen losen Schlauch über dem Element und dem Leitungsdraht bildet. Diese Anordnung wird dann in ein Metallrohr eingesetzt, das eine Hülle bildet, die anschließend durch ein Ziehwerkzeug gezogen wird. Bei hohen Dichten werden die Siliziumdioxidfasern sehr leicht gebrochen, da sie relativ brüchig sind, und die gebrochenen Stücke bewegen sich bzw. fließen mit einer gewissen Bevorzugung der axialen Richtung, wenn die äußere Hülle durch das Ziehwerkzeug gezogen wird. Die gebrochene Isolierung fließt dann

leicht um den Leitungsdraht und das Rhodiumelement und ordnet ihn über seine gesamte Länge nahezu vollkommen mittig an. Es sind keine harten Stellen oder Hüllenübergänge vorhanden, die eine Kerbe oder Biegung des Leitungsdrahtes verursachen könnten, wie dies bei den bekannten Verfahren üblich ist, bei denen einige relativ kurze Stücke rohrförmigen keramischen Isoliermaterials verwendet werden. Da die Hülle in langen kontinuierlichen Stücken herstellbar ist, können relativ große Längen der umhüllten Anordnung in einem einzigen Zieh- oder Quetschdurchgang statt in mehreren Durchgängen und nachfolgender Drahtverformung, wie dies bei kurzen gegossenen Keramikstücken aus Aluminium- oder Magnesiumoxid üblich ist, hergestellt werden.

Das Ende der äußeren Hülle erstreckt sich über das Emitterelement hinaus und wird dann mit einem massiven Stift gefüllt. Der Stift drückt die Isolierung nahe dem Emitterelement zusammen und die Hülle wird über das Ende des Stiftes gebogen und durch eine Schweißnaht verschlossen. Die Verwendung eines Stiftes am unteren Ende der Hülle nahe dem Rhodiumelement schafft ein Stützelement für den Schweißvorgang, der die Hülle ohne das Erfordernis von Lötmaterial vollständig verschließt. Der dicht sitzende Stift dient dazu, zu verhindern, daß Siliziumdioxid in die Schweißnaht eindringt, so daß Blasen in der Schweißnaht vermieden werden, die im Anwendungsfalle eine mögliche Leckquelle in die Hülle sein können.

Das entgegengesetzte Ende der umhüllten Anordnung kann in üblicher Weise gehandhabt werden, da es außerhalb des Strahlungsfeldes liegt. Um das entfernte Ende mit einem üblichen Anschlußkopf zu versehen, kann eine Löt- oder Sickenverbindung hergestellt werden. Bei der gezeigten Ausführungsform wird jedoch am entfernten Ende der Hülle (entgegengesetzt zu dem Fühlerelement) ein keramisches Dichtungsmaterial verwendet, um das Innere der Hülle hermetisch zu verschließen und die Isolierung trocken zu

halten.

Die zweite gezeigte Ausführungsform des Fühlers ist ein Thermoelemente, das im wesentlichen in der gleichen Weise wie der gerade beschriebene Strahlungsmeßfühler aufgebaut ist und die gleiche Art der Isolierung um die Leitungsdrähte zu dem Thermoelement verwendet, um sicherzustellen, daß die Drähte in der richtigen Weise von der äußeren Hülle und voneinander entfernt sind und daß keine Knicke oder Kerben in ihnen auftreten.

Das Nichtvorhandensein von Lötstellen in der äußeren Hülle sichert die Zuverlässigkeit des Hüllenmaterials in der Strahlungsumgebung und verhindert, daß Feuchtigkeit mit dem Isoliermaterial in Berührung kommt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren 1 bis 5 beispielsweise erläutert. Es zeigt:

Figur 1 einen Längsschnitt eines typischen Kernstrahlungsmeßfühlers,

Figur 2 teilweise und vergrößert eine Seitenansicht einer Verbindungsstelle zwischen dem Fühlerelement und dem Leitungsdraht des Fühlers,

Figur 3 teilweise und vergrößert einen Schnitt, aus dem der Aufbau des Fühlerendes und der äußeren Hülle hervorgeht,

Figur 4 eine Seitenansicht eines Thermoelements zur Strahlungsmessung, wobei einige Teile geschnitten und andere weggebrochen sind, und

Figur 5 einen Vertikalschnitt des Endabschnittes des Thermoelements der Fig. 4, aus dem dessen innerer Aufbau hervorgeht.

Ein Strahlungsfühler mit eigener Energieversorgung für das Innere eines Kernreaktors ist bei 10 gezeigt. Der Fühler arbeitet in bekannter Weise und hat ein Kernmaterial, das als Emitter geladener Partikel wirkt, wenn es einer Neutronenstrahlung ausgesetzt wird, und das von einem Kollektor isoliert ist, der die geladenen, von dem Emitter emittierten Partikel aufnimmt. Zwischen dem Emitter und dem Kollektor besteht die Tendenz zum Aufbau einer Potentialdifferenz, die eine Funktion des Strahlungspegels ist und mit üblichen Strom- oder Ladungsmeßtechniken gemessen wird. Der Aufbau und die Theorie der Arbeitsweise solch eines Fühlers sind z.B. in der US-PS 3 375 370 beschrieben. Es kann auch eine übliche Potentiometerausgleichstechnik angewandt werden. Es ist jedoch zu beachten, daß eine Raumladung zwischen dem Emitter und dem Kollektor vorhanden ist, die auf die Absorption geladener Partikel durch das Isoliermaterial zurückzuführen ist, das zwischen dem Emitter und dem Kollektor verwendet wird. Die Wirkung dieser Raumladung besteht darin, den Übergang geladener Partikel von dem Emitter zu dem Kollektor zu verhindern, und die Größe dieser Sperrwirkung ist eine Funktion des Isoliermaterials und der Erhöhung der Kompaktheit.

Der Fühler 10 besteht aus einer rohrförmigen äußeren Hülle 11 und einem zentralen Leitungsdraht 12, der in geeigneter Weise an einem Emitterelement 13 befestigt ist. Der Leitungsdraht 12 und das Emitterelement 13 sind von einem Isoliermaterial 14 umgeben. Am Ende der Hülle 11 nahe dem Emitter 13 füllt das Isoliermaterial 14 die rohrförmige Hülle im wesentlichen und ein Metallstift 15 ist am Ende der Hülle angeordnet. Bei der Herstellung wird das normalerweise offene Ende der rohrförmigen Hülle gegen das Ende des Stiftes gebogen und bei 16 wird eine Schweißung durchgeführt, um die Hülle bezüglich des Stiftes abzudichten und das Innere der Hülle vollständig zu verschließen. Das entgegengesetzte Ende der Hülle hat einen

daran befestigten Anschluß 20. Das Außengehäuse 22, das einen Teil des Anschlusses bildet, kann mit der Hülle 11 in geeigneter Weise verlötet sein, insoweit der Anschluß 20 von dem intensiven Strahlungsfeld entfernt ist, und das Außengehäuse 22 hat eine zentrale Öffnung, durch die sich der Leitungsdraht 12 erstreckt. Der Leitungsdraht erstreckt sich durch ein ihn umgebendes Rohr 23, mit dem es mechanisch und elektrisch verbunden ist und das durch ein geeignetes Keramikmaterial 24, das die Öffnung am Ende des Gehäuses 22 hermetisch abschließt, isoliert.

Das Rohr 23 und das Gehäuse 22 können die Verbindungen zu dem Emitter 13, der aus einem Rhodiumelement besteht, und dem Kollektor 11, der aus der äußeren Hülle besteht, bilden. Bei der normalen Konstruktion besteht die äußere Hülle aus einem Inconel-Rohr, und der Leitungsdraht 12 besteht ebenfalls aus Inconel oder einem Material mit ähnlichen Eigenschaften.

Das Isoliermaterial 14 ist vorzugsweise ein Fasermaterial, das eine relativ niedrige Absorption für geladene Partikel hat, die von dem Emitter abgegeben werden, und einen hohen elektrischen Widerstand bei erhöhter Temperatur hat. Siliziumdioxid oder Quarz ist in Faserform erhältlich und hat die Eigenschaften einer guten Isolierung und einer relativ niedrigen Absorption im Vergleich z.B. zu Aluminium- oder Magnesiumoxid. Die Isolierfäden können gewebt sein und geeignete gewebte Rohre aus Siliziumdioxidfasern, die lange Hüllen bilden, sind von der Firma Hitco Company Inc, Gardena, Kalifornien, unter der Bezeichnung "Refrasil" erhältlich. Das erhältliche Material wird zunächst zu einer langen rohrförmigen Hülle aus Glasfasermaterial geformt. Wenn die Hülle gewebt ist, wird das Glasfasermaterial eingehend gelaugt, um alle Bestandteile aus dem Glasfasermaterial mit Ausnahme von Siliziumdioxid zu entfernen. Die sich ergebende Hülle ist etwas porös, besteht jedoch im wesentlichen aus reinen Siliziumdioxidfasern. Das Material ist in Form dieser Rohrhülle ausreichend

handhabbar, so daß es über ein langes Drahtstück, das aus dem Leitungsdraht 12 besteht, und das Rhodiumelement 13, die zusammengeschweißt wurden, gezogen werden kann. Die Fasern bleiben in der Dicke gleichmäßig, solange der Draht in der Hülle bezüglich des äußeren Hüllendurchmessers etwa exakt zentriert ist.

Die Anordnung dieses langen Drahtes mit der Hülle aus Siliziumdioxidmaterial darüber wird in die äußere Hülle 11 geschoben, deren Durchmesser zur Aufnahme der Anordnung ausreichend groß ist. Das Rohr wird dann durch eine Formmatritze geführt und auf einen kleineren Durchmesser gezogen. Die Fasern aus reinem Siliziumdioxid brechen leicht und haben eine gewisse Beweglichkeit, wenn die Anordnung durch die Matritze gezogen wird. Das Ziehen des Rohrs bis zur Erreichung einer Dichte des Isoliermaterials von etwa 65 bis 70 % des reinen Siliziumdioxids ergibt zufriedenstellende Ergebnisse. Da das Material etwas fließfähig und gleichmäßig verteilt ist, wird der zentrale Draht nahezu vollkommen auf die Mitte der äußeren Hülle 11 ausgerichtet und über seine gesamte Länge biege- und knickfrei ohne irgendeine Verformung gehalten. Dies ist insbesondere über dem Emitterabschnitt wichtig, da eine gleichmäßige Form verschiedener Detektoren für eine zufriedenstellende Arbeitsweise notwendig ist. Die Enddichte kann über einen weiten Bereich durch das Außenmaß des Zugs gesteuert werden und Isolierdichten von etwa 35 % bis etwas mehr als 70 % reinen Siliziumdioxids sind mit dieser Konstruktionsmethode erreichbar, wie später erläutert wird.

Die Lage des Emitters wird bestimmt und die Hülle 11 wird an ihrem Ende nahe dem Emitter an einer geeigneten Stelle zugeschnitten. Danach wird, wie Fig. 3 zeigt, der Stift 15 eingesetzt und die Enden der Hülle 11 werden umgebogen, wie bei 11A in Fig. 3 gezeigt ist. Es wird dann eine geeignete Schweißung 16 zur Verbindung des

Stiftes 15 mit der Hülle durchgeführt. Der Stift bildet eine feste Unterlage, um Beschädigungen und auch das Eindringen von Siliziumdioxid in die Schweißzone zu verhindern, was Schweißblasen und Hohlräume verursachen könnte. Diese Anordnung der umgebogenen Hülle und des Stiftes verhindert auch die Möglichkeit, daß der Querschnitt der Hülle an oder nahe der Schweißverbindung zu niedrig wird. Der geschweißte Stift schließt das Innere der Hülle vollständig ab.

In Fig. 2 ist eine Stumpfnah 25 zur Verbindung des Emitters und des Leitungsdrahtes 12 verwendet. Diese Nah wird durch eine erhebliche Strahlung nicht beeinträchtigt, da keine Lötmaterialien eingebracht werden, die durch die Strahlungsumgebung beeinträchtigt werden könnten, und ist daher nicht so bruchanfällig wie eine Lötverbindung. Wenn der Emitter und der Leitungsdraht verbunden werden können, bevor sie in dem Isoliermaterial angeordnet werden, wie bei der gezeigten Form, kann eine Stumpfnah ohne Probleme angewandt werden.

Es ist zu beachten, daß anstelle der Bildung der Fasern zu einer gewebten Hülle Siliziumdioxidfasern direkt auf dem Leitungsdraht und dem Emitter mit üblichen Wickel- oder Webtechniken gebildet bzw. gewebt werden können. Bei einem Strahlungsfühler dieser Art ist es wichtig, daß alle Fühler einen bekannten Eichfaktor haben, und jede Änderung der Abmessung des Rhodiumelements während des Herstellungsvorganges verursacht eine Eichverschiebung. Eine schlechte Ausrichtung des Elements und des Leitungsdrahts in dem umgebenden Rohr und Änderungen der Dichte der Isolierung bewirken ebenfalls Unterschiede der Eichung verschiedener Vorrichtungen. Dies ist insbesondere bei bekannten Konstruktionen feststellbar, bei denen harte Keramikrohre über dem Fühlerelement beim Herstellungsvorgang verwendet werden. Bei der vorliegenden Konstruktion, die ein Material zunächst in Form

kleiner Fasern verwendet, kann das Rhodiumelement gemessen und vor dem Zusammenbau auf Größe zugeschnitten werden, und der Verdichtungsvorgang, der relativ weich ist, dient der mechanischen Anordnung des Rhodiumelements und des Leitungsdrahtes in der Mitte der Hülle und ändert seine Abmessungen nicht wesentlich, obwohl es ihn stark festhält. Die sich ergebende Dichte kann niedriger als bei bekannten Vorrichtungen sein, so daß sich eine geringere Absorption geladener Partikel bei Bestrahlung und damit eine erhöhte Signalleistungsfähigkeit des Fühlers ergibt.

Da die meisten Isoliermaterialien auch Feuchtigkeit absorbieren, ermöglicht es die relative Porosität des auf diese Weise hergestellten Isoliermaterials, daß das Element schnell trocknet, wenn es bei dem Herstellungsvorgang Feuchtigkeit aufnehmen sollte. Im Vergleich dazu trocknen die bekannten Keramikmaterialien, wenn sie Feuchtigkeit ausgesetzt werden, nahezu nicht und beide Enden der Anordnung müssen abgeschnitten werden, bis die Feuchtigkeit entfernt ist.

Als Beispiel wurde eine Gruppe von neun Fühlern zusammengebaut und dann in einer Strahlungsumgebung getestet. Das Fühlerelement war ein 10 mg-Radiumdraht mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm. Der Leitungsdraht war ein Inconeldraht mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm und die Hülle war ein Rohr ebenfalls aus Inconel mit einem Außendurchmesser von etwa 2,3 mm und einer Wanddicke von etwa 0,32 mm. Die Isolierung war eine gewebte Hülse aus im wesentlichen reinen Siliziumdioxidfasermaterial (99 % Reinheit), das unter der Handelsbezeichnung "Refrasil" erhältlich ist. Die gewebte Hülse hatte einen Innendurchmesser von etwa 0,03 mm und eine Wanddicke von etwa 0,25 mm. Die Hülse wurde über dem Draht angeordnet und die Anordnung wurde in die Hülle eingebracht. Die umhüllte Anordnung wurde auf einen Außendurchmesser von etwa 1,6 mm gezogen.

Die Dichte der Isolierung betrug etwa 70 % des festen Siliziumdioxids. Die gezogenen Anordnungen wurden bei geringer Wärme leicht getrocknet, wonach sie einen elektrischen Isolierwiderstand von 10^{14} bis 10^{15} Ohm bei Raumtemperatur hatten. Die Vorrichtungen wurden in einem Radiographen bei einem Strahlungspegel von etwa 10^7 NVT geeicht und es ergab sich ein gleichmäßiger Signalpegel der Fühler innerhalb von ± 4 % bei Produkten bekannter Konstruktionen. Diese Gleichmäßigkeit wurde ohne Auswahl- oder Ausgleichsverfahren nach der Montage erzielt. Der Signalpegel der Fühler war etwa 5 bis 10 % höher als bei den bekannten Konstruktionen unter Verwendung von hochkompaktem Aluminium- oder Magnesiumoxid.

Die Verbesserung des "Hintergrund"-Strompegels gegenüber den bekannten Konstruktionen wurde als erheblich festgestellt. Der Hintergrundstrom ist der Strompegel, der bei Vorhandensein einer Strahlung auftritt und auf andere Vorgänge als die Emission geladener Partikel durch das Fühlerelement zurückzuführen ist. Der Hintergrundstrom wurde bei sechs Vorrichtungen gemessen, die in der gleichen Weise wie die zuvor beschriebenen neun Vorrichtungen aufgebaut sind, mit der Ausnahme, daß kein Rhodiumelement vorhanden war. Der Hintergrundstrom wurde als sehr niedrig ermittelt und betrug $\pm 2,5 \times 10^{-11}$ Ampere pro Zentimeter bestrahlter Länge für diese Vorrichtungen bei einem Strahlungspegel von 2×10^{13} NVT. Der Grund für den niedrigen Hintergrundstrom ist noch nicht vollständig klar, ist jedoch zum Teil auf die Art und Dichte des Isoliermaterials und die beschriebene Konstruktion zurückzuführen. Hintergrundströme dieser Größe sind auf diesem Fachgebiet ausgezeichnet. Außerdem haben in dieser Weise aufgebaute Vorrichtungen ein stabiles Ausgangssignal, wenn sie zum erstenmal einer Strahlungsumgebung ausgesetzt werden, im Vergleich zu den bekannten Vorrichtungen, die typischerweise einige Stunden oder sogar Tage zur Stabilisierung benötigen.

Die Fig. 4 und 5 zeigen eine zweite Ausführungsform eines Sensors für eine Strahlungsumgebung. Diese zweite Ausführungsform ist ein Thermoelement, das im wesentlichen in der gleichen Weise wie der Strahlungsfühler aufgebaut ist. Das Thermoelement 35 hat eine äußere Hülle 36 und zwei Drähte 37 und 38, die, wie Fig. 5 zeigt, an dem Fühler verbunden und bei 39 verdrillt sind. Die Drähte werden in der Hülle 36 durch Isoliermaterial 40 gehalten, das beide voneinander und von der Hülle trennt. Ein Anschluß 41 ist am entgegengesetzten Ende der Thermoelementanordnung von dem Fühlerende aus vorgesehen, und ein geeigneter anorganischer Klebstoff 42 kann, wie gezeigt ist, nahe diesem Ende vorhanden sein, um zu verhindern, daß Siliziumdioxid herausfällt und die Thermoelementdrähte mit der Hülle 36 einen Kurzschluß bilden. Die Drähte 37 und 38 sind mit Leitungen 43 des gleichen Materials verbunden, die an der Innenseite eines Außengehäuses 44 des Anschlusses 41 angeordnet sind. Das Außengehäuse 44 kann mit der Hülle 36 insoweit verlötet werden, als es sich nicht in der Umgebung intensiver Strahlung befindet.

Das Thermoelement bei 39 ist durch Verdrillen der beiden Drähte 37 und 38 gebildet, die aus Alumel oder Chromel bestehen können, und der verdrillte Abschnitt ist von einem Rohr 45 umgeben, das es ermöglicht, das Ende der Hülle 36 wie bei 46 umzubiegen. Das Rohr 45 bildet eine Unterlage und verhindert, daß Isoliermaterial in die Schweißnaht eindringt, so daß die offenen Teile des Rohrs, nachdem sie bei 46 umgebogen wurden, mit einer Schweißnaht geeigneter Größe versehen werden können, um die Thermo-elementverbindung ebenso wie die Abdichtung des Innenraums der Hülle 36 zu bilden.

Das Isoliermaterial 40 ist das gleiche Siliziumdioxid wie bei der vorherigen Ausführungsform, und die Drähte 37 und 38 können in eine gewebte Hülle aus Silizium-

dioxidfasern eingesetzt werden. Die Hülle 36 wird sodann über die Anordnung der Schichten und der Isoliermaterialhülle geschoben, und die äußere Hülle 36 wird durch eine Formmatritze geführt, um eine bestimmte Dichte der faserigen Isolierung zu bewirken und die Drähte 37 und 38 im gleichen Abstand anzuordnen und sie voneinander und von der Hülle in der gewünschten Weise im Abstand zu halten.

Bei beiden Ausführungsformen werden Spleißstellen vermieden. Das Isoliermaterial hat eine relativ geringe Dichte und vermeidet die Verwendung von Keramikrohren hoher Dichte oder anderen Isoliermaterialien, die auch eine Beschädigung der Drähte verursachen. Der Ausdruck Hülle aus Fasern bedeutet ein gewebtes oder geflochtenes Rohr, das über seine gesamte Länge kontinuierlich ist.

Die beschriebenen Dichten wurden durch Messungen entsprechend den "AEC Reactor Development and Technology Standard C2-1T"-Vorschriften ("Determination of Insulation Compaction in Ceramic Insulated Conductors", September 1973) bestimmt. Dieser Test gibt eine Kerosenabsorptionstechnik an, die darin besteht, Testproben zu trocknen und zu wiegen, sie in Kerosen zu tränken und danach zu wiegen und den Prozentgehalt der maximalen theoretischen Dichte des Isoliermaterials aus den Ergebnissen zu berechnen. Die getesteten Proben bestanden aus einem Inconel-Rohr mit einem Außendurchmesser von etwa 23 mm und einer Wanddicke von etwa 0,32 mm, einem Inconel-Draht mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm und einer Refrasil-Hülse mit einer Wanddicke von etwa 0,25 mm. Die Proben wurden auf Außendurchmesser im Bereich von 2 bis 1,5 mm gezogen und die Dichte der Isolierung wurde für ein etwa 50 mm langes, aus jeder Probe geschnittenes Stück gemessen. Ein wesentliches Zerquetschen des Isoliermaterials trat zwischen der untersten Dichte von 35 % bis zu einer Dichte von etwa 50 % nicht auf. Die Prozentzahl bezieht sich auf das Verhältnis der Isolier-

materialdichte zu der Dichte von massivem Isoliermaterial. Diese kann als die prozentual maximale theoretische Dichte bezeichnet werden.

Obwohl der Leitungsdraht nach dem Ziehvorgang in dem Dichtebereich von 35 bis 50 % nicht festgehalten wurde, wurde er dennoch ausreichend gehalten, so daß die 50 mm-Proben ohne die Gefahr des Herausfallens des inneren Drahtes frei gehandhabt werden konnten. Bei einem Dichtepegel von etwa 55 % begannen die Isolierfasern nahe der Innenwand gerade zu brechen und der innere Draht konnte bei diesem Pegel noch mit Kraft aus der Probe gezogen werden. Etwas über dieser Dichte bei z.B. etwa 58 % waren viele Fasern des Isoliermaterials gebrochen und der innere Draht wurde sicher gehalten. Bei einem Dichtepegel von etwa 65 bis 66 % waren im wesentlichen alle Fasern gebrochen, waren jedoch noch lang, etwa 1 mm lang oder länger. Über einer Dichte von 66 % waren die Fasern im wesentlichen gebrochen und das Material hatte die Form einer sehr dichten Matte mit sehr kurzen Fasern. Die untersuchte Probe mit der höchsten Dichte erreichte 73 % der maximal theoretischen Dichte bei einem Rohrdurchmesser von etwa 1,5 mm. Eine Beschädigung der inneren Drähte konnte bei dieser Herstellungstechnik nicht festgestellt werden und die inneren Drähte wurden für die ausgewerteten Proben im Dichtebereich von 58 bis 73 %, der wegen des sicheren Halts des Drahtes, der zu einer ausgezeichneten mechanischen Festigkeit führt, der bevorzugte Bereich ist, sehr fest gehalten.

Der vollständige Vorgang umfaßt die folgenden Schritte:

1. Stumpfschweißen des Leitungsdrahtes und des Elements ohne wesentliche Änderung des Querschnittsbereichs der Drähte an der Schweißnaht (die Schweißperle darf den Rohrdurchmesser um nicht mehr als einige hundertstel Millimeter überschreiten).

2. Die Drahtanordnung wird in eine kontinuierliche Hülse mit etwa gleichmäßiger Wand aus Fasern aus Isoliermaterial wie Siliziumdioxid geschoben.
3. Der Draht und die Hülse werden in einer äußeren Hülle angeordnet.
4. Die Hülle wird in einer geeigneten Matrize oder in mehreren Matrizen (ein oder mehrere Durchgänge) auf einen geringeren Durchmesser gezogen, um das Isoliermaterial gleichmäßig zu verdichten, bis der Leitungsdraht und die Elementanordnung ausreichend gehalten werden, um die Bewegung des Leitungsdrahtes und der Elementanordnung beim Gebrauch relativ zu der Hülle zu verhindern, und zwar ohne daß die inneren Drähte gezogen und ihre Durchmesser verändert werden. Im allgemeinen ist eine Dichte der Isolierung von 35 bis 73 % der Dichte von massivem Siliziumdioxid bei einem bevorzugten Bereich von 58 bis 73 % Dichte ausreichend.
5. Die Isolierung wird nötigenfalls getrocknet.
6. Die Hülle wird am Ende des Elements verschlossen, der Anschluß wird am Leitungsdrahtende angebracht und die Anordnung wird hermetisch abgedichtet.

21
Leerseite

VERBREIT

2711502

Nummer:
Int. Cl. 2:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

27 11 502
G 01 T 1/28
16. März 1977
8. Oktober 1977

-23-

FIG. 1

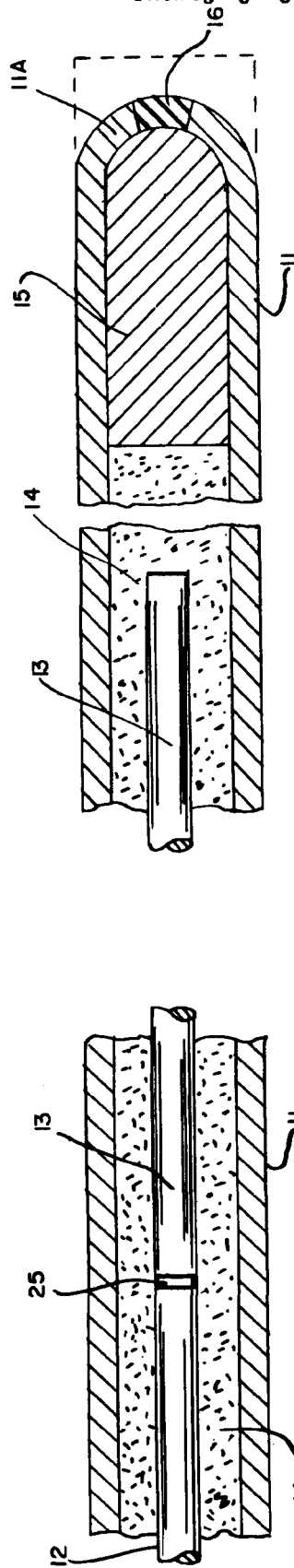
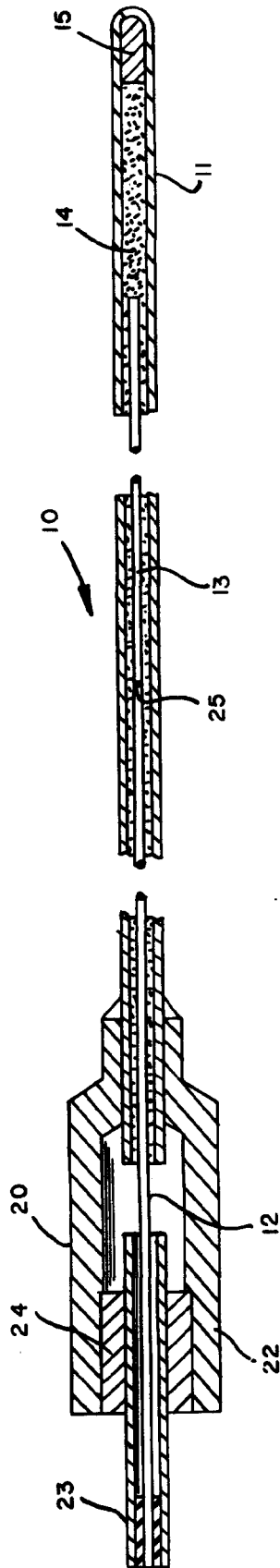


FIG. 3

FIG. 2

709840/0760

709840/0760

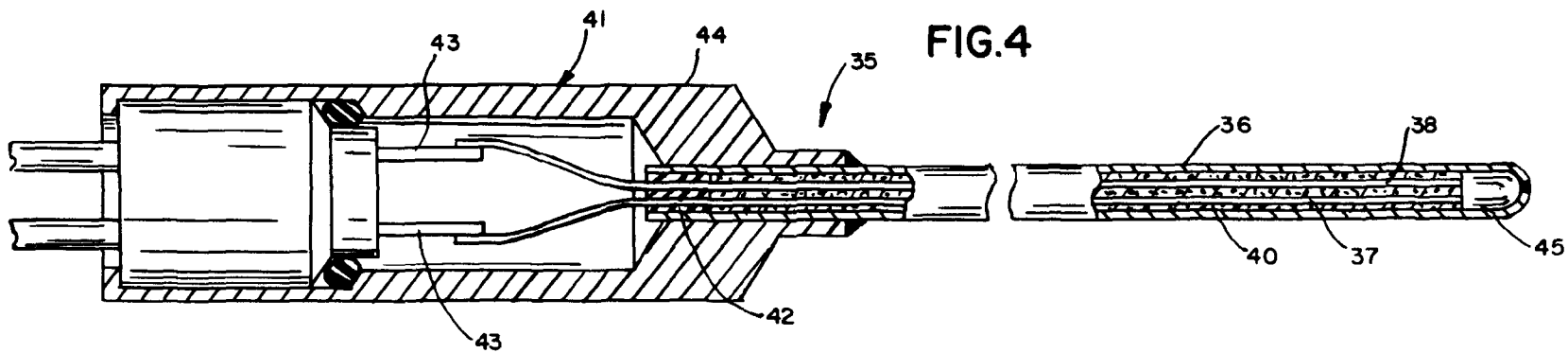


FIG. 4

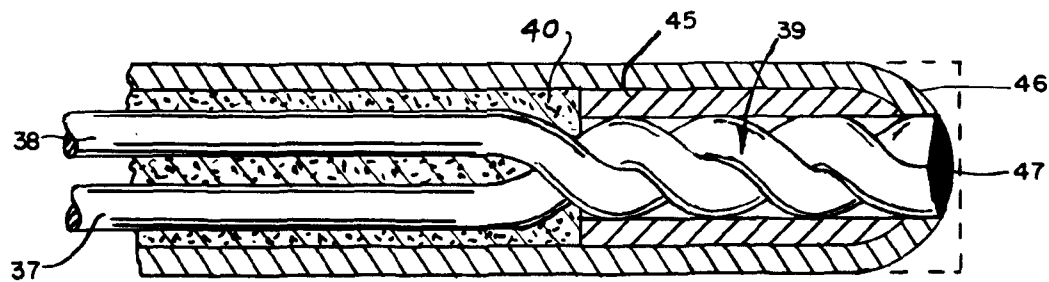


FIG. 5

2711502
- 29 -