



(10) **DE 10 2010 055 007 A1** 2012.06.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 055 007.8**

(22) Anmeldetag: **17.12.2010**

(43) Offenlegungstag: **21.06.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 41/053 (2006.01)**

H01L 41/083 (2006.01)

H02N 2/04 (2006.01)

F02M 51/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Renner, Gregor, Dr.-Ing., 70619, Stuttgart, DE;

Trunz, Michael, Dipl.-Ing., 73479, Ellwangen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

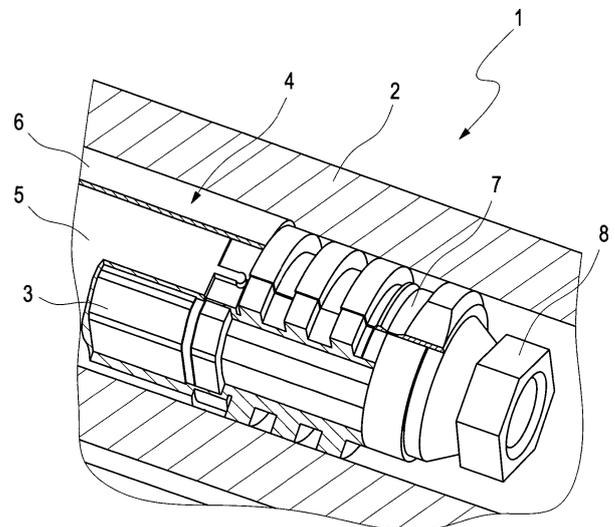
(54) Bezeichnung: **Piezoelementstapel**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Piezoelementstapel (Piezostack) (3) mit einem diesen umgebenden Schutzschichtsystem (4). Erfindungswesentlich ist dabei,

–dass das Schutzschichtsystem (4) zumindest eine Isolierschicht (5) und eine diese umgebende Metallabdichtung (6) aufweist,

–dass die Metallabdichtung (6) den Piezoelementstapel (3) rohrförmig umgibt und an den Längsenden durch Verschlusskappen (7) verschlossen ist, wobei die Verschlusskappen (7) zumindest teilweise als Faltenbalg ausgebildet sind und mit der rohrförmigen Metallabdichtung (6) und Endstücken (8) des Piezoelementstapels verbunden sind.

Hierdurch kann die Langlebigkeit des Piezoelementstapels (3) deutlich gesteigert werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Piezoelementstapel (Piezostack) mit einem diesen umgebenden Schutzschichtsystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft außerdem einen Piezoinjektor, insbesondere zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine, mit einem derartigen Piezoelementstapel.

[0002] Aus der DE 10 2007 004 552 A1 ist ein gattungsgemäßer Piezoelementstapel mit einem diesen umgebenden Schutzschichtsystem bekannt. Das Schutzschichtsystem dient dabei in erster Linie dazu, den Piezoelementstapel, der beispielsweise zum Heben und Senken einer Injektornadel verwendet wird, vor einem direkten Kontakt mit Kraftstoff zu schützen.

[0003] Aus der US 7,145,482 B2 ist ein Piezoelementstapel bekannt, der durch ein Metallgehäuse abgedichtet ist.

[0004] Ein weiteres Abdichtkonzept eines derartigen Piezoelementstapels durch ein mehrlagiges Schutzschichtsystem ist beispielsweise aus der WO 2007/102088 A2 bekannt, wobei hier der Piezoelementstapel von einem Schrumpfschlauch umgeben ist. Nachteilig bei insbesondere diesem Dichtkonzept ist, dass die Abdichtung entlang einer Linieneinfläche vorgenommen wird, was dazu führen kann, dass beim Betrieb des Piezoelementstapels bzw. eines damit ausgerüsteten Piezoinjektors Kraftstoffe oder andere Bestandteile, z. B. Wasserverunreinigungen, unter die Abdichtung kriechen und in Richtung der Piezokeramik gelangen können. Kritisch ist außerdem die Abdichtung über einen Verbund aus Polymermaterialien, die nicht komplett permeationsdicht sind. Bei einer Abdichtung des Piezoelementstapels durch eine Metallabdichtung sind insbesondere kombinierte Anforderungen an die Metallabdichtung wie beispielsweise eine dynamische Dauerbeanspruchung, eine hohe Druckbelastung, eine Längung über die elastische Dehnung hinaus, sowie eine hohe thermische Anforderung nicht vollständig gelöst. Insbesondere bei Druckbelastungen von ca. 2.000 bar versagen die derzeit bekannten Metallabdichtungen unter Umständen. Schwierig ist insbesondere auch ein längsendseitiger Verschluss der Metallabdichtung.

[0005] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für einen gattungsgemäßen Piezoelementstapel eine verbesserte oder zumindest eine alternative Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch eine erhöhte Lebensdauer auszeichnet.

[0006] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche ge-

löst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, einen an sich bekannten Piezoelementstapel mit einem diesen umgebenden Schutzschichtsystem zu versehen, wobei dieses Schutzsystem eine außen liegende und rohrförmig ausgebildete Metallabdichtung aufweist, die an den Längsenden durch Verschlusskappen verschlossen ist. Die erfindungsgemäßen Verschlusskappen weisen zumindest teilweise einen Faltenbalg auf und sind mit der Metallabdichtung verbunden und umschließen Endstücke des Piezoelementstapels. Das den Piezoelementstapel umgebende Schutzschichtsystem besitzt dabei zumindest eine Isolierschicht und obengenannte und die Isolierschicht umgebende Metallabdichtung. Über die Ränder der topfförmigen Verschlusskappen sind diese mit einer Wandung der rohrförmigen Metallabdichtung verbunden, insbesondere mit dieser verlötet bzw. verschweißt, verklebt verbörtelt oder verstemmt. Der erfindungsgemäße Piezoelementstapel kann dabei Bestandteil eines Piezoinjektors sein, wie er üblicherweise zum Einspritzen von Kraftstoff, insbesondere zum Einspritzen von Diesel in sogenannten Common-Rail-Systemen verwendet wird. Um dabei eine möglichst langlebige Abdichtung des Piezoelementstapels nach außen, insbesondere gegenüber dort vorhandenem Kraftstoff, sicherstellen zu können, stehen die Verschlusskappen in einem exakt vordefinierten Steifigkeitsverhältnis zum Material der rohrförmigen Metallabdichtung sowie zur Isolierschicht bzw. deren Material. Die erfindungsgemäßen Verschlusskappen an den Längsenden der rohrförmigen Metallabdichtung ermöglichen ein einerseits dichtes und damit sicheres Abdichten des Piezoelementstapels und andererseits eine vergleichsweise einfache Herstellbarkeit, da insbesondere bei einem Verlöten der Verschlusskappen mit der rohrförmigen Metallabdichtung ein Kapillareffekt zwischen diesen beiden Komponenten dafür sorgt, dass das Lot gleichmäßig und vollständig eingezogen wird.

[0008] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Lösung, ist die Isolierschicht aus Kunststoff, insbesondere aus Gummi oder Silikon, ausgebildet. Die Isolierschicht dient dabei zur Unterbindung eines elektrischen Kontakts zwischen dem Kraftstoff bzw. der außen liegenden Metallabdichtung und dem Piezoelementstapel. Prinzipiell kommen hierfür sämtliche zumindest elektrisch isolierende Materialien in Betracht, wobei aufgrund den in einem Piezoinjektor beim Betrieb auftretenden hohen Temperaturen und hohen Drücken auch gewisse Anforderungen an die Kunststoffe zu stellen sind. Diese sind insbesondere druckresistent gegenüber einer Druckbelastung von zumindest 2.400 bar und temperaturresistent gegenüber den im Piezoinjektor auftretenden Temperaturen auszubilden.

[0009] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung, liegt die Metallabdichtung blasenfrei und zugleich vakuumdicht an der Isolierschicht an. Hierdurch soll insbesondere ein unerwünschtes Eindringen von Kraftstoff zwischen die Metallabdichtung und die Isolierschicht verhindert werden, da die Isolierschicht unter Umständen nicht völlig permeationsdicht gegenüber Kraftstoff ist.

[0010] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0011] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0012] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

[0013] Dabei zeigt die einzige Figur schematisch eine Schnittdarstellung durch einen Piezoinjektor mit einem erfindungsgemäßen Piezoelementstapel.

[0014] Entsprechend der Figur, weist ein Piezoinjektor **1**, der beispielsweise zur Einspritzung von Kraftstoff in eine nicht dargestellte Brennkraftmaschine verwendet wird, ein Gehäuse **2** auf, insbesondere ein druckstabiles Gehäuse **2**, mit einem darin angeordneten Piezoelementstapel **3**.

[0015] Um einen direkten Kontakt des Piezoelementstapels **3** mit einer außen anliegenden Flüssigkeit, beispielsweise mit Kraftstoff, zu verhindern, ist ein Schutzschichtsystem **4** vorgesehen, welches den Piezoelementstapel **3** umgibt. Das Schutzschichtsystem **4** weist dabei zumindest eine Isolierschicht **5** und eine diese umgebende rohrförmige Metallabdichtung **6** auf. Die Isolierschicht **5** ist demgemäß zwischen dem Piezostapelelement **3** und der Metallabdichtung **6** angeordnet. Die Isolierschicht **5** ist dabei aus Kunststoff, insbesondere aus Gummi oder Silikon ausgebildet, während die Metallabdichtung **6** beispielsweise als Metallfolie ausgebildet sein kann. Die Dicke einer derartigen Metallfolie reicht von ca. 0,005 bis ca. 1 mm und ist blasenfrei und zugleich vakuumdicht auf die Isolierschicht **5** aufgebracht. Die Isolierschicht **5** aus Kunststoff weist zumindest eine der folgenden Eigenschaften auf: sie ist temperaturbeständig, besitzt einen temperaturabhängigen Schrumpfwert von $< 0,5\%$, eine Wärmeausdehnungskoeffizienten von $\alpha_T \leq 450 \times 10E - 6 [1/K]$ sowie eine elas-

tische Dehnung $\epsilon > 0,3\%$. Die Metallabdichtung **6** kann dabei die Isolierschicht **5** nahtlos umgeben oder aber auch geschweißt sein, wobei die Isolierschicht **5** und/oder die Metallabdichtung **6** einen nicht rotationsymmetrischen Querschnitt aufweisen. Der erfindungsgemäße Piezoelementstapel **3** weist somit einen festen geometrisch geformten Kunststoffüberzug in Form der Isolierschicht **5** auf, der nach außen durch die Metallabdichtung **6** ummantelt ist. Als Werkstoff für die Metallabdichtung **6** kommt beispielsweise Cu-Be₂ (2.1247), 1.4568 und 1.4510 in Betracht. Die Metallabdichtung **6** selbst wird in eingebautem Zustand an eine Masse angelegt oder aber elektrisch isoliert.

[0016] Erfindungsgemäß ist nun die rohrförmige Metallabdichtung **6** an ihren jeweiligen Längsenden durch Verschlusskappen **7** verschlossen, die zumindest teilweise einen Faltenbalg aufweisen und mit der rohrförmige Metallabdichtung **6** verbunden sind. Die Verschlusskappen **7** weisen dabei einen kreisrunden Querschnitt auf. Somit sind die Verschlusskappen **7** rotationsymmetrisch aufgebaut. Die Verschlusskappen **7** umschließen teilweise auch Endstücke **8** des Piezoelementstapels **3**, so dass die Endstücke **8** teilweise aus den Verschlusskappen **7** herausragen. Ein Befestigen der Verschlusskappen **7** in der Metallabdichtung **6** kann beispielsweise durch ein Verlöten, Verschweißen, Verkleben, Verbördeln oder Verstemmen erfolgen, wobei insbesondere ein Verlöten eine einfache Herstellbarkeit garantiert, da ein zwischen der Metallabdichtung **6** und einem Rand der Verschlusskappe **7** liegende minimale Spalt aufgrund von Kapillareffekten dafür sorgt, dass das Lot gleichmäßig eingezogen wird. Generell können dabei die Verschlusskappen **7** aus demselben Material ausgebildet sein wie die Metallabdichtung **6**, wobei die Verschlusskappen **7** insbesondere auch eine Wandstärke aufweisen können, die der Dicke der Metallabdichtung **6**, das heißt beispielsweise 0,005 bis 1 mm entspricht.

[0017] Die Isolierschicht **5**, das heißt insbesondere die Gummischicht oder Silikonschicht, kann bei einem fertig montierten Piezoelementstapel **3**, das heißt bei einem Piezoelementstapel **3** mit bereits einer diesen umgebenden Metallabdichtung **6** durch eine nicht näher bezeichnete Öffnung zwischen den Piezoelementstapel **3** und die Metallabdichtung **6** eingebracht werden, wobei sich die Isolierschicht **5**, das heißt das Gummi oder Silikon, mittels der Kapillarwirkung gleichmäßig zwischen dem Piezoelementstapel **3** und der Metallabdichtung **6** verteilt. Die Öffnung wird anschließend verschlossen. Die Isolierschicht **5** verteilt sich dabei auch zwischen der Metallabdichtung **6** und dem Verschlusskappen **7** und den Endstücken **8**, so dass die Isolierung auch Falten des Faltenbalgs der Endstücke vorliegt. Damit ist sichergestellt, dass Belastung des Systems die Isolierschicht **5** sich aus dem Zwischenraum zwischen Piezoelementstapel **3** und Metallabdichtung **6** in den Zwischenraum

zwischen der Verschlusskappen **7** mit seinem Faltenbalg und dem Endstücken **8** verformen kann. Dadurch können Verformungen der Metallabdichtung **6** durch axiale Dehnung der Endstücke **8** aufgefangen werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007004552 A1 [[0002](#)]
- US 7145482 B2 [[0003](#)]
- WO 2007/102088 A2 [[0004](#)]

Patentansprüche

1. Piezoelementstapel (Piezostack) (3) mit einem diesen umgebenden Schutzschichtsystem (4),

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Schutzschichtsystem (4) zumindest eine Isolierschicht (5) und eine diese umgebende Metallabdichtung (6) aufweist,
- die Metallabdichtung (6) den Piezoelementstapel (3) rohrförmig umgibt und an den Längsenden durch Verschlusskappen (7) verschlossen ist, wobei die Verschlusskappen (7) zumindest teilweise als Faltenbalg ausgebildet sind und mit der rohrförmige Metallabdichtung (6) und Endstücken (8) des Piezoelementstapels verbunden sind.

2. Piezoelementstapel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusskappen (7) einen kreisrunden Querschnitt, aufweisen.

3. Piezoelementstapel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallabdichtung (6) als Metallfolie ausgebildet ist.

4. Piezoelementstapel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallfolie eine Dicke von ca. 0,005 bis 1 mm aufweist.

5. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusskappen (7) mit der Metallabdichtung (6) verlötet, verschweißt oder verklebt sind.

6. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierschicht (5) aus Kunststoff, insbesondere aus Gummi oder Silikon, ausgebildet ist.

7. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusskappen (7) eine Wandstärke aufweisen, die der Dicke der Metallabdichtung (6) entspricht.

8. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Isolierschicht (5) aus Kunststoff zumindest eine der folgenden Eigenschaften aufweist;

- temperaturbeständig,
- einen temperaturabhängigen Schrumpfwert von $> 0,5\%$,
- einen Wärmeausdehnungskoeffizienten $\alpha_T \leq 450 \times 10E - 6 [1/K]$,
- eine elastische Dehnung $\varepsilon > 0,3\%$.

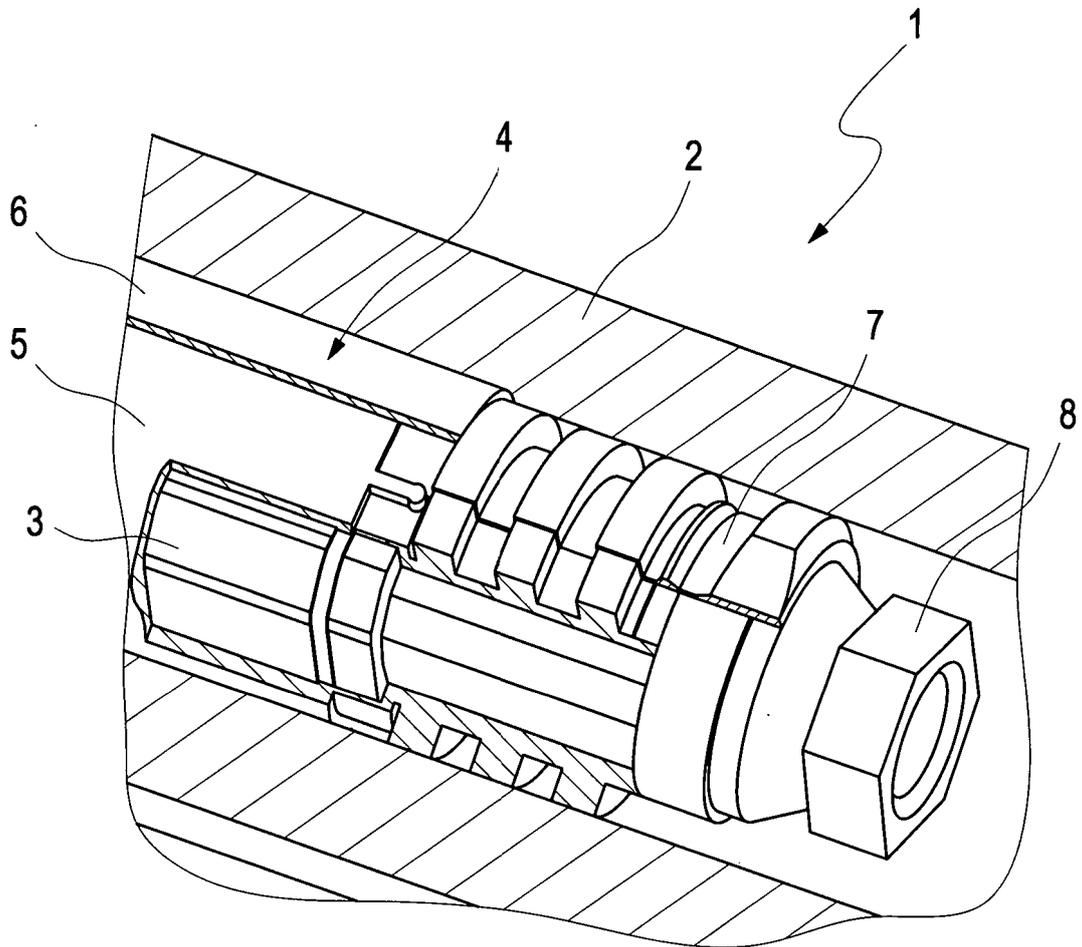
9. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolierschicht (5) zwischen der Metallabdichtung (6) und den Verschlusskappen (7) und dem Piezoelementstapel (4) und seinen Endstücken (8) vorgesehen ist.

10. Piezoelementstapel nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Verschlusskappen (7) die axiale Flexibilität aufweisen.

11. Piezoinjektor (1), insbesondere zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine, mit einem Gehäuse (2) und einem darin angeordneten Piezoelementstapel (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur