



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 534 082 A1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: **92112525.8**

⑮ Int. Cl. 5: **F04B 43/04, H01L 41/193**

⑭ Anmeldetag: **22.07.92**

⑯ Priorität: **22.08.91 DE 4127860**

⑰ Anmelder: **Deutsche Aerospace  
Aktiengesellschaft  
Postfach 80 11 09  
W-8000 München 80(DE)**

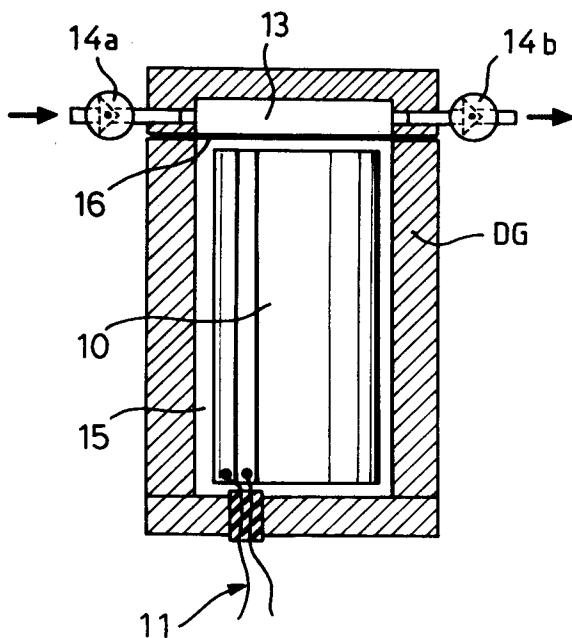
⑯ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**31.03.93 Patentblatt 93/13**

⑰ Erfinder: **Zimmermann, Werner, Dipl.-Ing.  
Tannenstrasse 14  
W-8011 Putzbrunn(DE)**  
Erfinder: **Martin, Willi, Dr. Dipl.-Phys.  
Kornackerstrasse 56  
W-8069 Reichertshausen(DE)**

⑯ Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

### ④ Pumpensystem zur Förderung von flüssigen oder gasförmigen Medien.

⑤ Die Erfindung bezieht sich auf ein Pumpensystem zur Förderung von flüssigen oder gasförmigen Medien in einem Druckgefäß (DG), das mittels einer Membran (16) zum Rezipienten (13) hin abgeschlossen ist, deren Arbeitsleistung auf einer beidseitig elektrisch leitend beschichteten Folie (10) aus piezoelektrischem Material basiert. Ausführungsbeispiele sind beschrieben und gezeichnet.



**FIG. 1**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Pumpensystem zur Förderung von flüssigen oder gasförmigen Medien gemäß dem Gattungsbegriff des Anspruchs 1.

Solche Pumpensysteme zählen in den verschiedensten Ausführungsformen und für die verschiedensten Zwecke zum Stand der Technik. Jedes dieser Systeme hat sich für den ihr zugeordneten Zweck bewährt, ist aber auch mit Nachteilen behaftet. Im einen Fall muß sehr niederfrequent gearbeitet werden, im anderen Fall ist die Trägheit des Antriebs zu groß oder im dritten Fall sind die Verlustleistungen zu hoch usw.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Pumpensystem der eingangs genannten Art aufzuzeigen, dessen Pumpfrequenzen bis in den kHz-Bereich und höher reichen, eine schnelle Regelbarkeit aufweisen, nahezu verlustleistungsfrei sind und kaum einem Verschleiß unterliegen.

Diese Aufgabenkombination wird durch die im Anspruch 1 aufgezeigten Maßnahmen in überraschend einfacher zuverlässiger Weise gelöst. In den Unteransprüchen sind Weiterbildungen und Ausgestaltungen angegeben und in der nachfolgenden Beschreibung werden Ausführungsbeispiele erläutert. Die Figuren der Zeichnung ergänzen diese Erläuterungen. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel in schematischer Darstellung,
- Fig. 2 eine perspektivische Skizze für ein Ausführungsbeispiel mit gerollter Piezofolie in schematischer Darstellung,
- Fig. 3 eine perspektivische Skizze für ein Ausführungsbeispiel mit gefalteter Piezofolie in schematischer Darstellung.

Wie aus der Figur 1 der Zeichnung hervorgeht, basiert das dort dargestellte Pumpensystem auf einer beidseitig elektrisch leitend beschichteten Folie 10 aus einem piezoelektrischen Material - beispielsweise PVDF (Polyvinylidendifluorid). Diese Piezofolie 10 befindet sich nun gefaltet (Fig. 3) oder doppellagig gerollt (Fig. 2) in einem mit Flüssigkeit 15 mit geringer Kompressibilität gefüllten Druckgefäß DG, welches mit einer Membran 16 zum Rezipienten 13 hin abgeschlossen ist. Dem Rezipienten 13 sind ein Einlaßventil 14a und ein Auslaßventil 14b zugeordnet. Über elektrische Anschlüsse 11 wird an die Piezofolie 10 eine elektrische Steuerspannung 12 angelegt, die eine Polarisierung und damit eine Änderung der Foliendicke bewirkt. Der hierdurch veränderte Druck im Druckgefäß DG bewegt nun die Membran 16, die ihrerseits das Volumen des Rezipienten 13 variiert.

Durch periodische Spannungsänderung wird nun in Verbindung mit den beiden Ventilen 14a,

14b eine Pumpwirkung erzielt. Damit ist aber nun ein Pumpensystem geschaffen, das sehr hochfrequent arbeitet (kHz-Bereich und höher), aufgrund der geringen Trägheit des Antriebes eine schnelle Regelbarkeit aufweist und da die Piezoelektrika im Prinzip leistungsfrei steuerbar sind, nur sehr geringe Verlustleistungen auftreten, weil ohmsche und induktive Verluste völlig entfallen. Weiterhin ist noch wesentlich, daß dieses Pumpensystem nahezu verschleißfrei ist.

Die Spannungsänderung und damit die Dickenänderung haben so schnell zu erfolgen, daß aufgrund der Massenträgheit der Folie und der Flüssigkeit (bei der gefalteten Folie) die Querkontraktion der Dickenänderung nicht folgen kann. Daraus resultiert die Volumenänderung der Folie.

Für den quasistatischen bzw. langsam veränderlichen Betrieb muß die Querkontraktion durch die Dicke und durch die elastischen Eigenschaften mindestens einer der elektrisch leitenden Beschichtungen (Elektroden) verhindert werden, beispielsweise durch eine, mit der piezoelektrischen Folie verklebten Al-Folie con ca. 1/10 der Dicke der piezoelektrischen Folie aus PVDF.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird vorgeschlagen, anstelle einer Membran 13 das Druckgefäß DG durch einen Zylinder mit Kolben (nicht gezeichnet) abzuschließen, wobei der Durchmesser des Zylinders dem gewünschten Kolbenhub angepaßt werden muß. Dies ist für jeden Fachmann, der das vorliegende Pumpensystem kennengelernt hat, problemlos zu realisieren.

Nachstehend soll rechnerisch ein Ausführungsbeispiel aufgezeigt werden. Hierbei wird ein zylindrisches Druckgefäß DG mit einem Durchmesser D = 30 mm, einer Höhe H = 50mm und damit mit einem Volumen V = 35 cm<sup>3</sup> zugrunde gelegt. Die Dicken-Dimensionierung der Piezofolie 10 soll 100 µm sein. Wie vorstehend bereits ausgeführt, muß die Folie 10 so gefaltet oder doppellagig gerollt im Druckgefäß DG untergebracht werden, daß keine Kontaktierung der beiden Kontaktflächen auftreten kann.

Die Folienfläche, die maximal in dem Volumen V des Druckgefäßes DG untergebracht wird, ist A<sub>F</sub> = 3.500 cm<sup>2</sup>. Unter Zugrundelegung eines Füllfaktors F<sub>f</sub> = 0,6 wird A<sub>Fe</sub> = 2.000 cm<sup>2</sup>.

Die Änderung der Dicke D der Piezofolie 10 bei einer elektrischen Spannung von 1.000 V beträgt 1 Promille:  $\Delta D = 0,1 \mu\text{m}$ . Daraus ergibt sich unter der Voraussetzung, daß die Änderung der Dicke D nicht durch gegenläufige Änderung von Länge oder Breite der Folie 10 kompensiert werden kann:

$$\Delta V = 20\text{mm}^3$$

Das Druckgefäß 10 ist mit einer inkompressiblen

Flüssigkeit - beispielsweise Glyzerin mit  $K = 4.7 \times 10^3$  MPa - gefüllt.

Die Druckänderung durch Volumenänderung errechnet sich aus:

$$\Delta p = K A V/V = 4,7 \times 10^3 \text{ MPa} \frac{20\text{mm}^3}{35.000\text{mm}^3} = 2,7 \text{ MPa}$$

dies entspricht ungefähr 27 bar.

Wird nun nicht eine Membran sondern ein Zylinder mit Kolben an das Druckgefäß 10 angeschlossen, so wird ein Durchmesser von  $D_K = 2\text{mm}$  und eine Fläche von  $A_K = 3\text{mm}^2$  angenommen. Die Durchrechnung dieses Ausführungsbeispiels ergibt, daß der Kolben mit einer Kraft von 8,1 N und einem Hub von 6 mm bewegt wird.

5

5. Pumpensystem nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die inkompressible Flüssigkeit (15) im Druckgefäß (DG) Glyzerin ist.

10

15

### Patentansprüche

1. Pumpensystem zur Förderung von flüssigen oder gasförmigen Medien in einem Druckgefäß, das mittels einer Membran zum Rezipienten hin abgeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß beidseitig elektrisch leitend beschichtete Folien (10) aus einem piezoelektrischen Material gefaltet oder doppellagig mit einem bestimmten Zwischenraum voneinander gerollt in dem entsprechend geformten Druckgefäß (DG) in einer Flüssigkeit (15) mit geringer Kompressibilität angeordnet und über elektrische Anschlüsse (11) mit einer Spannungsquelle (12) verbunden sind, deren periodische elektrische Spannungen eine Änderung der Foliendicke bewirken, die über die Membran (16) das Volumen des Rezipienten (13) variieren, wobei dem Rezipienten (13) ein Einlaßventil (14a) und ein Auslaßventil (14b) zugeordnet sind. 20
2. Pumpensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Druckgefäß (DG) anstelle einer Membran (16) einen Zylinder mit Kolben als Abschluß aufweist, wobei der Zylinderdurchmesser dem gewünschten Kolbenhub entsprechend bemessen ist. 25
3. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als piezoelektrisches Folienmaterial PVDF (Polyvinylidendifluorid) verwendet wird. 30
4. Pumpensystem nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezofolien (10) im Druckgefäß (DG) so gefaltet oder doppelt gerollt angeordnet sind, daß eine Kontaktierung der Folienflächen miteinander ausgeschlossen ist. 35
5. Pumpensystem nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die inkompressible Flüssigkeit (15) im Druckgefäß (DG) Glyzerin ist. 40
6. Pumpensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Druckgefäß (DG) anstelle einer Membran (16) einen Zylinder mit Kolben als Abschluß aufweist, wobei der Zylinderdurchmesser dem gewünschten Kolbenhub entsprechend bemessen ist. 45
7. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß als piezoelektrisches Folienmaterial PVDF (Polyvinylidendifluorid) verwendet wird. 50
8. Pumpensystem nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Piezofolien (10) im Druckgefäß (DG) so gefaltet oder doppelt gerollt angeordnet sind, daß eine Kontaktierung der Folienflächen miteinander ausgeschlossen ist. 55

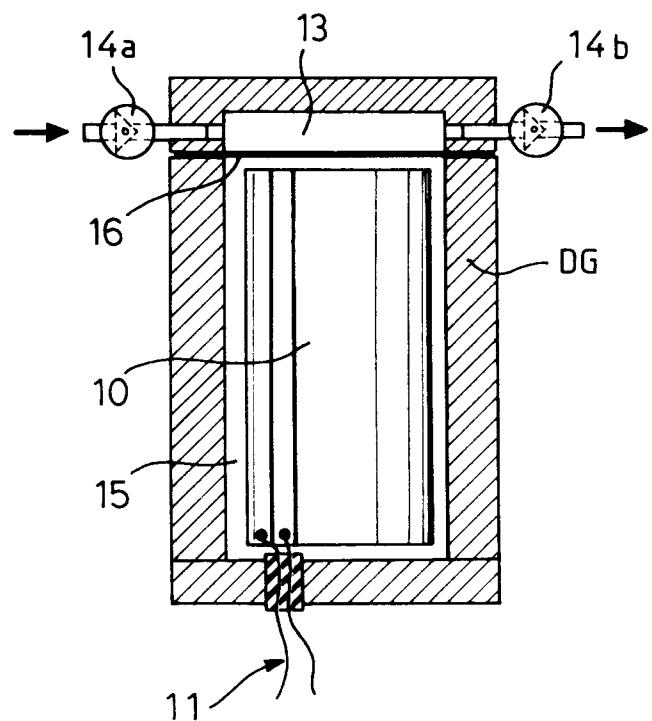


FIG. 1

FIG. 2

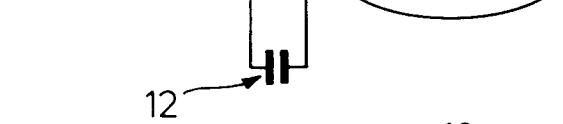
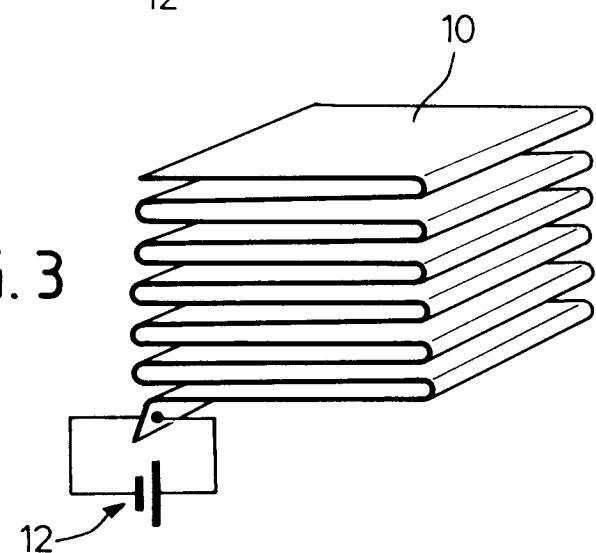


FIG. 3





EP 92112525.8

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Y	SOVIET INVENTIONS ILLU- STRATED, Sektionen P,Q, Woche 8848, 18. Jänner 1989, DERWENT PUBLICATIONS LTD., London Q56 * SU-A-1397 622 (AVERIN) *	1, 3, 4	F 04 B 43/04 H 01 L 41/193
A	--	2, 5	
Y	<u>US - A - 4 330 730</u> (KURZ) * Gesamt *	1, 3, 4	
Y	--		
Y	RESEARCH DISCLOSURE, Nr. 187, November 1979, ISSN 0374-4353, INDUSTRIAL OPPOR- TUNITIES LTD HOMEWELL, HAVANT HAMPSHIRE, PO9 1EF, UK Nr. 18715 "Multilayered pie- zoelectric flexure device" * Seiten 627,628 *	1, 3, 4	
	--		
A	<u>FR - A - 2 645 349</u> (PENNWALT CO) * Gesamt *	1, 3, 4	
	--		
A	<u>DE - A - 3 037 380</u> (SCHENCK) * Gesamt; insbesondere Fig. 2,3 *	1, 3	
	--		
A	<u>DE - A - 3 415 421</u> (RICOH) * Gesamt; insbesondere Fig. 2 *	1	
	--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort WIEN	Abschlußdatum der Recherche 22-10-1992	Prüfer WERDECKER	
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze			
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument  & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			