



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 825 630 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.02.1998 Patentblatt 1998/09

(51) Int. Cl.⁶: **H01H 55/00**, H01H 57/00,
H01H 47/00

(21) Anmeldenummer: **97112418.5**

(22) Anmeldetag: **19.07.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(30) Priorität: **10.08.1996 DE 19632347**

(71) Anmelder:
**KACO ELEKTROTECHNIK GmbH
74081 Heilbronn (DE)**

(72) Erfinder:
• **Feiler, Jochen
74080 Heilbronn (DE)**

• **Jendritza, Daniel Josef, Dr.-Ing.
66763 Dillingen/Saar (DE)**
• **Janocha, Hartmut, Prof. Dr.-Ing.
66121 Saarbrücken (DE)**
• **Binnig, Horst
74172 Neckarsulm (DE)**

(74) Vertreter: **Kohl, Karl-Heinz et al
Patentanwälte
Dipl.-Ing. A.K. Jackisch-Kohl
Dipl.-Ing. K.H. Kohl
Stuttgarter Strasse 115
70469 Stuttgart (DE)**

(54) **Schalter, insbesondere Relais**

(57) Der Schalter (1) hat zwei Schaltelemente (2, 3), von denen eines zum Schließen und Öffnen des Schalters (1) relativ zum anderen Schaltelement (2, 3) mittels eines Antriebsteiles (7) bewegbar ist. Um den Schalter (1) so auszubilden, daß er aus nur wenigen Bauteilen besteht, nur ein geringes Bauvolumen hat und eine geringe Schaltzeit aufweist, ist das eine Schaltelement (2, 3) fest mit dem Antriebsteil (7) verbunden. Dieses ist ein Festkörper-Energiewandler. Aufgrund der festen Verbindung von Schaltelement (2, 3) und Antriebsteil (7) bleibt bei einem eventuellen Verschweißen der Schaltelemente (2, 3) miteinander auch das Antriebsteil (7) in seiner verstellten Lage, so daß einfach und ohne zusätzliche Sensoren dieser Zustand des Schalters (1) erfaßt und ausgewertet werden kann.

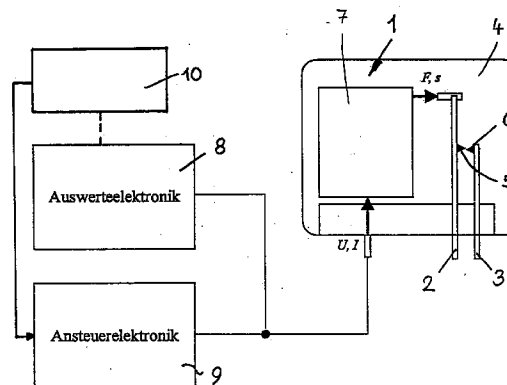


Fig. 1

EP 0 825 630 A2

Beschreibung**Es zeigen**

Die Erfindung betrifft einen Schalter, insbesondere ein Relais, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei bekannten Relais sind als Schaltelemente Kontaktfedern vorgesehen, die durch einen Schieber miteinander verbunden sind. Er wird durch die Kontaktfedern in eine Ausgangslage gebracht, in welcher der Schieber am Antriebsteil anliegt, der einen Anker eines Elektromagneten bildet. Wird das Relais bestromt, wird der Anker ausgelenkt, wodurch ein Öffner des Relais geöffnet und/oder ein Schließer geschlossen wird. Sobald das Relais abfällt, wird im Normalfall der Schieber durch die Federvorspannung der Kontaktfeder oder eine zusätzliche Feder in die Ausgangslage zurückgeschoben. Der Anker selbst steht unter eigener Federvorspannung, so daß er beim Abfallen des Relais in die Ausgangslage zurückgeschwenkt wird. Kommt es zu einem Verschweißen der auf den Kontaktfedern befindlichen Kontaktstücke, bleibt der Schieber in der verschobenen Lage stehen, während der Anker durch die Federvorspannung in die Ausgangslage zurückgeführt wird. Ein solches Relais ist konstruktiv aufwendig ausgebildet, da mehrere Kontaktfedern und gegebenenfalls zusätzlich eine Rückstellfeder vorgesehen sind, die außerdem zu einem großen Bauvolumen des Relais sowie zu erheblichen zu bewegend Massen und damit zu erhöhten Schaltzeiten führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den gattungsgemäßen Schalter so auszubilden, daß er aus nur wenigen Bauteilen besteht, nur ein geringes Bauvolumen hat und eine geringe Schaltzeit aufweist.

Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Schalter erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Beim erfindungsgemäßen Schalter ist das eine Schaltelement mit dem Antriebsteil fest verbunden, das ein Festkörper-Energiewandler ist. Aufgrund der festen Verbindung von Schaltelement und Antriebsteil bleibt bei einem eventuellen Verschweißen der Schaltelemente miteinander auch das Antriebsteil in seiner verstellten Lage, so daß einfach und ohne zusätzliche Sensoren dieser Zustand des Schalters erfaßt und ausgewertet werden kann. Da das Antriebsteil als Festkörper-Energiewandler ausgebildet ist, werden sehr kurze Schaltzeiten erreicht. Insbesondere sind die zu bewegend Massen sehr gering, was sich ebenfalls vorteilhaft auf die Schaltzeiten auswirkt. Aufgrund der festen Verbindung von Schaltelement und Antriebsteil reichen grundsätzlich zwei Schaltelemente aus, um den ordnungsgemäßen Betrieb des Schalters überwachen zu können.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Die Erfindung wird anhand einiger in den Zeichnungen dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert.

- Fig. 1 in schematischer Darstellung einen Antrieb für einen erfindungsgemäßen Schalter,
- Fig. 2 ein erstes Ausführungsbeispiel des Antriebes,
- Fig. 3 in einer Darstellung entsprechend Fig. 2 eine zweite Ausführungsform eines Antriebes,
- Fig. 4 eine dritte Ausführungsform eines Antriebes,
- Fig. 5 einen als Relais ausgebildeten erfindungsgemäßen Schalter,
- Fig. 6 und Fig. 7 die beiden Seiten einer weiteren Ausführungsform eines als Relais ausgebildeten erfindungsgemäßen Schalters,
- Fig. 8 einen Schnitt längs der Linie VIII-VIII in Fig. 6,
- Fig. 9 einen Schnitt längs der Linie IX-IX in Fig. 6,
- Fig. 10 in Ansicht eine auf eine piezoelektrische Keramikschicht aufbringbare Widerstandsmeßstrecke.

Fig. 1 zeigt einen Schalter 1, der im dargestellten Ausführungsbeispiel als Relais ausgebildet ist. Der Schalter 1 kann beispielsweise auch ein Schnellschalter, ein Unterspannungsauslöser, ein Fehlerstromschutzschalter und dergleichen sein. Im folgenden wird der Schalter 1 in Form eines Relais beschrieben.

Der Schalter 1 hat als Schaltelemente zwei Kontaktfedern 2, 3, die in bekannter Weise in einem Schaltergehäuse 4 gelagert sind. Die aus dem Schaltergehäuse 4 ragenden Enden der Kontaktfedern 2, 3 bilden Anschlüsse, über welche der Strom in bekannter Weise weitergeleitet wird. Die beiden Kontaktfedern 2, 3 können jeweils ein Kontaktstück 5, 6 tragen. Die längere Kontaktfeder 2 ist fest mit einem Energiewandler 7 verbunden. Er wird durch eine ferroelektrische Piezokeramik, eine Folie, die zum Beispiel aus Blei-Zirkonat-Titanat oder Polyvinylidenfluorid besteht, oder durch magnetostruktive Seltenerdmetalle, wie zum Beispiel Terfenol-D, gebildet. Wird der Energiewandler 7 in noch zu beschreibender Weise ausgelenkt, wird die Kontaktfeder 2 so elastisch gebogen, daß ihr Kontaktstück 5 in Berührung mit dem Kontaktstück 6 der Kontaktfeder 3 gelangt. In der schematischen Darstellung gemäß Fig. 1 ist die infolge der Auslenkung des

Energiewandlers 7 erzeugte Kraft F sowie der entsprechende Verstellweg s durch einen Pfeil symbolisch dargestellt.

Sollten die Kontaktstücke 5, 6 miteinander verschweißen, dann bleibt der Energiewandler 7 infolge seiner starren Verbindung mit der Kontaktfeder 2 in der ausgelenkten Lage. Dadurch ändert sich das elektrische Klemmenverhalten, insbesondere die elektrische Impedanz. Der Schalter 1 ist an eine Auswerteelektronik 8 und an eine Ansteuerelektronik 9 angeschlossen. Die Auswerteelektronik 8 erfaßt das elektrische Klemmenverhalten des Energiewandlers 7 und gibt ein entsprechendes Signal an eine Überwachungseinheit 10. Sind die Kontaktpunkte 5, 6 nicht miteinander verschweißt, erhält die Überwachungseinheit ein entsprechendes Signal. Sie gibt dann ihrerseits ein entsprechendes Signal an die Ansteuerelektronik 9, die den Schalter 1 wieder ansteuern kann. Sind die Kontaktpunkte 5, 6 miteinander verschweißt, wird dies durch die Auswerteelektronik 8 erkannt, die ein entsprechendes Sperrsignal an die Überwachungseinheit 10 liefert. Sie gibt ein entsprechendes Signal an die Ansteuerelektronik 9, damit diese den Schalter 1 nicht mehr ansteuert.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 wird der Energiewandler 7 durch ein Piezoelement gebildet. Die Überwachungseinheit 10 liefert ein Ansteuersignal an einen Schalter 11 der Ansteuerelektronik 9. Sie ist durch eine gestrichelte Linie gekennzeichnet. Dem Schalter 11 ist ein Hochsetzsteller 12 nachgeschaltet, der durch eine strichpunktierte Linie gekennzeichnet ist. Er transformiert eine niedrige Spannung, beispielsweise 24 V, in eine zum Betrieb des Piezoelementes 7 notwendige hohe Spannung, beispielsweise 400 V. Der Hochsetzsteller 12 hat beispielsweise einen Widerstand 13, eine Induktivität 14 und eine Diode 15. Diese Bauteile liegen in Serie zueinander und zum Schalter 11. Die am Piezoelement 7 anliegende Spannung wird durch eine Ausgangsspannungsüberwachung 16 überwacht. Ist die Spannung zum Betrieb des Piezoelementes 7 zu niedrig, wird durch die Ausgangsspannungsüberwachung 16 ein Schalter T_1 mit hohen Frequenzen, beispielsweise zwischen 20 und 40 kHz, so lange ständig geöffnet und geschlossen, bis die am Piezoelement 7 anliegende Spannung den erforderlichen Wert erreicht. Dann wird der Schalter T_1 wieder geöffnet. Fällt die Spannung am Piezoelement 7 unter einen vorgegebenen Schwellwert, wird dies von der Ausgangsspannungsüberwachung 16 wiederum festgestellt und der Schalter T_1 in der beschriebenen Weise betätigt. Der Schalter T_1 liegt parallel zum Piezoelement 7 (in Reihe zur Diode 15) und ist ebenso wie die Ausgangsspannungsüberwachung 16 Bestandteil des Hochsetzstellers 12.

Wird der Schalter 11 der Ansteuerelektronik 9 von der Überwachungseinheit 10 über ein entsprechendes Signal geöffnet, liegt keine Eingangsspannung an. Dies wird von einer Eingangsspannungsüberwachung 17

des Hochsetzstellers 12 festgestellt, an welche ein Schalter T_2 angeschlossen ist. Er liegt parallel zum Piezoelement 7 und in Serie zu einem Widerstand 18 des Hochsetzstellers 12. Liegt keine Eingangsspannung an, wird der Schalter T_2 von der Eingangsspannungsüberwachung 17 geschlossen. Dadurch kann die Ladung des Piezoelementes 7 über den Widerstand 18 und den geschlossenen Schalter T_2 rasch abfließen. Ist das Piezoelement 7 entladen, wird der Schalter T_2 von der Eingangsspannungsüberwachung 17 wieder geöffnet.

Die Ausgangsspannungsüberwachung 16 und die Eingangsspannungsüberwachung 17 sind vorteilhaft in einem IC-Baustein zusammengefaßt.

Die Auswerteelektronik 8 hat einen Oszillator 19, der eine Wechselspannung erzeugt. Sie wird durch eine Strom/Spannungsmeßeinheit 20 erfaßt, an die über einen Kondensator 21 das Piezoelement 7 angeschlossen ist. Das Piezoelement 7 und der Kondensator 21 bilden eine Last des Oszillators 19.

Wenn das Piezoelement 7 erregt wird, ändert sich dessen Impedanz und damit auch die Spannung bzw. der Strom. Dies wird von der Meßeinheit 20 erfaßt, die entsprechende Signale an eine Auswerte/Entscheidungseinheit 22 liefert. Sie vergleicht die übermittelten Werte mit einem vorgegebenen Sollwert. Er entspricht einem Zustand, bei dem die Kontaktpunkte 5, 6 (Fig. 1) des Schalters 1 nicht miteinander verschweißt sind. Die beiden Meßeinheiten 20 und 22 sind vorteilhaft in einem IC-Baustein der Auswerteelektronik 8 zusammengefaßt.

Ist das Piezoelement 7 erregt, dann dehnt es sich aus und lenkt die Kontaktfeder 2 (Fig. 1) so weit aus, bis ihr Kontaktpunkt 5 den Kontaktpunkt 6 der Kontaktfeder 3 berührt. Bei ordnungsgemäßem Betrieb des Schalters 1 kehrt die Kontaktfeder 2, wenn das Piezoelement 7 nicht mehr betätigt ist, in seine in Fig. 1 dargestellte Ausgangslage zurück, in der die beiden Kontaktpunkte 5, 6 Abstand voneinander haben. Sollten die Kontaktpunkte 5, 6 infolge Verschweißung aneinander hängenbleiben, bleibt auch das Piezoelement 7 ausgelenkt, da es fest mit der Kontaktfeder 2 verbunden ist. Dies hat zur Folge, daß die Meßeinheit 20 einen vom Sollwert abweichenden Strom- und Spannungswert mißt. Die Meßeinheit 20 liefert dann entsprechende Signale an die Auswerte/Entscheidungseinheit 22, welche diese übermittelten Signale mit einem Sollwert vergleicht und bei Abweichen der beiden Meßwerte ein entsprechendes Steuersignal an die Überwachungseinheit 10 abgibt. Sie sorgt dann in Verbindung mit der Ansteuerelektronik 9 dafür, daß der Schalter 1 nicht erneut betätigt wird, wie dies anhand von Fig. 1 erläutert worden ist.

Neben dem beschriebenen Kontaktverschweißen können infolge der Verknüpfung der Ein- und Ausgangsgrößen in der Überwachungseinheit 10 alle zulässigen und unzulässigen Zustände, beispielsweise Bruch des Piezoelementes 7 oder Bruch eines Schiebers 26 (Fig. 5), verglichen und bewertet werden.

Da die Kontaktfeder 2 des Schalters 1 unmittelbar und starr mit dem Energiewandler 7 verbunden ist, wird unmittelbar die Auslenkung des Energiewandlers 7, beispielsweise des Piezoelementes beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2, durch die beschriebene Elektronik erfaßt und ausgewertet. Mit der beschriebenen Ausbildung wird eine elektronische Fehlererkennung erreicht, ohne daß zusätzliche Sensoren erforderlich sind. Wird als Energiewandler ein Piezoelement eingesetzt, kann durch Nutzung des generatorischen Effektes und der im Piezoelement gespeicherten Ladung in der jeweiligen Kontraktionsphase des Piezoelementes 7 Energie zurückgewonnen und dem Gesamtsystem wieder zur Verfügung gestellt werden. Dadurch läßt sich der elektromechanische Wirkungsgrad des Gesamtsystems erhöhen. Der als Relais ausgebildete Schalter 1 hat aufgrund der beschriebenen konstruktiven Ausbildung nur ein geringes Bauvolumen und nur geringe zu bewegendende Massen. Dementsprechend weist ein solches Relais wesentlich kürzere Schaltzeiten auf als herkömmliche Relais, die mit Schieber und indirekter Kopplung zum Anker des Relais arbeiten. Insbesondere wird beim beschriebenen Relais 1 ein Öffner eingespart, der bei herkömmlichen Relais zwingend erforderlich ist, um den ordnungsgemäßen Betrieb des Relais überwachen zu können. Beim beschriebenen Relais 1 sind entsprechend weniger Kontaktfedern erforderlich. Im einfachsten Fall, der in Fig. 1 dargestellt ist, hat das Relais nur einen einzigen Schließer mit den beiden Kontaktfedern 2, 3. Bei herkömmlichen Relais für Sicherheitsanwendungen mit zwangsgeführten Kontakten ist in der einfachsten Ausbildung neben einem solchen Schließer auch noch ein Öffner erforderlich.

Außer als Relais kann der Schalter beispielsweise auch als Fehlerstrom- und Fehlerspannungsschalter, als Leistungsschalter oder als Motorschutzschalter ausgebildet sein. Durch Veränderung des elektrischen Klemmenverhaltens, wie zum Beispiel der Wandlerresonanz oder Dämpfung, bei Belastung ist eine Überwachung des Zustandes des Energiewandlers 7 möglich. Insbesondere kann auch eine Auswertung im statischen Betriebsfall durchgeführt werden. Die beschriebene Einrichtung kann aus diesem Grunde hervorragend als Relaisantrieb in sicherheitsrelevanten Einrichtungen eingesetzt werden.

Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 wird der Energiewandler 7 durch einen piezoelektrischen Biegewandler gebildet, der ein Zwei-, Drei- oder Vielschichtwandler sein kann. Er hat im dargestellten Ausführungsbeispiel zwei elektrisch voneinander getrennte Schichten, die fest miteinander verbunden sind. Wird der Schalter 1 angesteuert, zieht sich die eine Schicht des Biegewandlers 7 zusammen, wobei infolge der festen Verbindung auch die zweite Piezoschicht entsprechend gebogen wird. Dadurch erfolgt in der zweiten Piezoschicht eine Ladungstrennung, d.h. es tritt ein Spannungsimpuls auf, der von der Auswerteelektronik 8 erfaßt und ausgewertet wird. Sie hat zwei

Vergleicher 23, 24, an welche der Biegewandler 7 jeweils angeschlossen ist. In den Vergleichern 23, 24 wird eine ihnen zugeführte Referenzspannung U_{ref1} bzw. U_{ref2} mit den an der zweiten Piezoschicht des Biegewandlers 7 auftretenden Spannungsimpulsen verglichen. Die beiden Vergleicher 23, 24 liefern ein entsprechendes Ausgangssignal U_{out1} und U_{out2} , das der Überwachungseinheit 10 zugeführt wird. Sie gibt, wie dies anhand der Fig. 1 und 2 im einzelnen beschrieben worden ist, entsprechende Signale an die Ansteuerelektronik 9, die gleich ausgebildet ist wie beim vorigen Ausführungsbeispiel.

Prinzipiell kann auch ein Zwei-, Drei- oder Vielschichtwandler auf die zuvor nach Fig. 2 beschriebene Art und Weise eingesetzt und ausgewertet werden.

Sind die Kontaktstücke 5, 6 (Fig. 1) des Schalters 1 miteinander verschweißt, wird dies anhand des Vergleiches der Referenzspannung mit den vom Biegewandler 7 gelieferten Spannungswerten in den Vergleichern 23, 24 festgestellt, die entsprechende Ausgangssignale an die Überwachungseinheit 10 liefern, die in der anhand der Fig. 1 und 2 beschriebenen Weise entsprechende Signale an die Ansteuerelektronik 9 sendet. Auch auf diese Weise ist eine zuverlässige Fehlererkennung gewährleistet, wobei die Ansteuerelektronik 9 dafür sorgt, daß bei verschweißten Kontaktstücken 5, 6 der Schalter 1 mit dem Biegewandler 7 nicht mehr angesteuert wird.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 unterscheidet sich von der vorigen Ausführungsform lediglich dadurch, daß eine Überwachungseinheit 10, die an die Ansteuerelektronik 9 angeschlossen ist, nicht vorgesehen ist. Die Spannungsausgangssignale U_{out1} und U_{out2} der Vergleicher 23, 24 der Auswerteelektronik 8 werden in diesem Falle beispielsweise einer Anzeige zugeführt, die bei verschweißten Kontaktstücken 5, 6 aufleuchtet und somit optisch einen Fehler am Schalter 1 anzeigt. Zusätzlich oder anstelle der optischen Anzeige kann beispielsweise auch ein akustisches Signal erzeugt werden. Im übrigen arbeitet die Ausführungsform nach Fig. 4 gleich wie das Ausführungsbeispiel nach Fig. 3.

Fig. 5 zeigt im Längsschnitt einen als Relais ausgebildeten Schalter 1. Dieser Schalter 1 hat den piezoelektrischen Biegewandler 7 mit zwei Piezoschichten 7a und 7b, die elektrisch voneinander getrennt sind. Der Biegewandler 7 ist in einem Boden 25 des Schaltergehäuses 4 befestigt. Am oberen Ende ist der Biegewandler 7 fest mit einem Schieber 26 verbunden, der seinerseits fest mit der Kontaktfeder 2 verbunden ist. Der Schieber 26 kann beispielsweise auf das obere Ende des Biegewandlers 7 aufgesteckt und klemmend gehalten werden. Ebenso ist es möglich, den Schieber 26 unlösbar mit dem Biegewandler 7 zu verbinden, ihn beispielsweise am Biegewandler anzukleben.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel bilden die beiden Kontaktfedern 2 und 3 einen Öffner, d.h. die Kontaktstücke 5 und 6 der Kontaktfedern 2, 3 liegen

aneinander. Das Relais 1 weist auf der anderen, unterhalb der Zeichenebene liegenden Seite einen entsprechenden Schließer auf, dessen beide Kontaktfedern Kontaktstücke tragen, die bei nicht erregtem Relais Abstand voneinander haben. Eine der Kontaktfedern dieses Schließers ist ebenfalls fest mit dem Schieber 26 und damit fest mit dem Biegewandler 7 verbunden.

Wird das Relais 1 betätigt, wird der Biegewandler 7 in der Darstellung gemäß Fig. 5 nach rechts gebogen. Der starr mit ihm verbundene Schieber 26 wird dementsprechend ebenfalls nach rechts verschoben und nimmt die Kontaktfeder 2 mit. Auch die entsprechende Kontaktfeder des (nicht dargestellten) Schließers des Relais 1 wird mitgenommen. Das Kontaktstück 5 der Kontaktfeder 2 hebt dadurch vom Kontaktstück 6 der Kontaktfeder 3 ab, so daß der Öffner des Relais geöffnet wird. Entsprechend werden auf der anderen Seite des Relais die Kontaktstücke der Kontaktfedern des Schließers aneinander zur Anlage gebracht.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird die in Fig. 5 rechts liegende Piezoschicht 7b angesteuert. Die in Fig. 5 links liegende Piezoschicht 7a ist an die Auswerteelektronik 8 (Fig. 1 bis 4) angeschlossen, welche die Impedanzänderung oder auftretende Spannungsimpulse dieser Piezoschicht 7a in der beschriebenen Weise auswertet. Wird das Relais 1 nicht mehr betätigt bzw. der Biegewandler 7 nicht mehr angesteuert, kehrt er in die in Fig. 5 dargestellte Ausgangslage zurück. Über den Schieber 26 nimmt er hierbei die Kontaktfeder 2 mit, bis ihr Kontaktstück 5 am Kontaktstück 6 der Kontaktfeder 3 zur Anlage kommt. Auf der gegenüberliegenden Seite des Relais werden die beiden Kontaktstücke der Kontaktfedern wieder außer Eingriff voneinander gebracht.

Vorteilhaft ist die Kontaktfeder 2 des Öffners in Richtung ihres Kontaktöffnens (Fig. 5) elastisch vorgespannt. Dadurch unterstützt sie das Biegen des Biegewandlers 7 in die in Fig. 5 nicht dargestellte Betätigungslage. Insbesondere wird beim Schließen des Kontaktes 5, 6 des (nicht dargestellten) Schließers der erforderliche Kontaktdruck nur unwesentlich von der Kraft des Biegewandlers 7, sondern hauptsächlich von der Vorspannung der Kontaktfeder 2 bestimmt, so daß der erforderliche Kontaktdruck einwandfrei erreicht wird. Die Vorspannung der Kontaktfeder 2 ist so gewählt, daß auch bei längerer Einsatzdauer des Relais und dementsprechender Abnutzung der Kontaktstücke 5, 6 noch ein ausreichender Kontaktdruck sichergestellt ist.

In zum beschriebenen Ausführungsbeispiel äquivalenter Weise kann die Kontaktfeder 2 des (nicht dargestellten) Schließers in Betätigungsrichtung vorgespannt werden. Bei mehrkontaktigen Relais ist es möglich, durch eine Kombination der Vorspannungen der Kontaktfedern stets einen Kräftezustand zu erreichen, der die Bewegung des piezoelektrischen Wandlers unterstützt und die erforderlichen Kontaktkräfte erzeugt.

Die Piezoschicht 7b, die vorteilhaft streifenförmig

ausgebildet ist, bildet eine aktorische Piezoschicht, während die gegenüberliegende Piezoschicht 7a eine sensorische Piezoschicht bildet. Der Biegewandler 7 und die Kontaktfedern 2, 3 lassen sich einfach im Relaisgehäuse 4 montieren. Der Schieber 26 kann ebenfalls einfach am Biegewandler 7 und an den entsprechenden Kontaktfedern des Öffners und Schließers des Relais befestigt werden. Jeweils eine Kontaktfeder 3 des Öffners bzw. des Schließers des Relais 1 ist ohne Verbindung zum Schieber 26. Er besteht aus elektrisch nicht leitendem Material, vorzugsweise aus Kunststoff. Um eine einfache Befestigung auf den Kontaktfedern zu erreichen, ist der Schieber 26 mit entsprechenden Stecköffnungen für die Kontaktfedern versehen.

Die Fig. 6 bis 9 zeigen eine weitere Ausführungsform eines als Relais ausgebildeten Schalters 1. In den Fig. 6 und 7 sind die beiden Seiten des Relais dargestellt, welche die Kontaktfedern 2, 3 aufweisen. Die Kontaktfedern 2, 3 gemäß Fig. 6 bilden einen Schließer, während die Kontaktfedern 2, 3 gemäß Fig. 7 einen Öffner bilden. Die Kontaktstücke 5, 6 der den Schließer bildenden Kontaktfedern 2, 3 (Fig. 6) haben in der Ausgangsstellung Abstand voneinander. Die Kontaktstücke 5, 6 der den Öffner bildenden Kontaktfedern 2, 3 liegen in der Ausgangsstellung aneinander. Die beiden Kontaktsätze sind durch eine Wand 27 des Relaisgehäuses 4 bzw. dessen Kontaktsockel voneinander getrennt. Die unteren Enden der Kontaktfedern 2, 3 sind im Boden 25 des Kontaktsockels in bekannter Weise befestigt. Nach oben ragen die Kontaktfedern 2, 3 über die Wand 27.

Im Relaisgehäuse 4 ist der piezoelektrische Wandler 7 befestigt. Der im Beispiel dargestellte streifenförmige Biegewandler 7, der wiederum als Ein-, Zwei-, Drei- oder Vielschichtwandler ausgebildet sein kann, ist mit seinem unteren Ende im Boden 25 verankert. Das obere Ende des Biegewandlers 7 steht über die Wand 27 vor. Der Schieber 26, der im dargestellten Ausführungsbeispiel plattenförmig ausgebildet ist, ist fest mit dem oberen Ende des Biegewandlers 7 verbunden. Außerdem ist am Schieber 26 die Kontaktfeder 2 des Schließers (Fig. 6) sowie die Kontaktfeder 3 des Öffners (Fig. 7) befestigt. Die beiden anderen Kontaktfedern des Schließers und des Öffners sind ohne Verbindung zum Schieber 26, der mit geringem Abstand oberhalb der Wand 27 angeordnet ist. Da der Schieber 26 fest mit dem piezoelektrischen Biegewandler 7 verbunden ist, kann die jeweils mit dem Schieber verbundene Kontaktfeder elastisch vorgespannt sein.

Wird der Biegewandler 7 infolge Spannungsbeaufschlagung verformt, bewegt sich der Schieber 26 in Fig. 6 nach rechts bzw. in Fig. 7 nach links. Dadurch kommen die Kontaktstücke 5, 6 des Schließers (Fig. 6) miteinander in Berührung, während die Kontaktstücke 5, 6 des Öffners (Fig. 7) voneinander entfernt werden. Da die Kontaktfedern 2 des Schließers und des Öffners vorteilhaft elastisch vorgespannt sind, wird der Schieber 26 mit Unterstützung der Vorspannung bewegt und

der entsprechende Kontakt 5, 6 geschlossen bzw. geöffnet. Insbesondere beim Schließen des Kontaktes 5, 6 (Fig. 6) wird der erforderliche Kontaktdruck nur unwesentlich von der Kraft des Biegewandlers 7, sondern im wesentlichen von der Vorspannung der Kontaktfeder 2 bestimmt.

Es besteht auch die Möglichkeit, auf die aktorisch nicht genutzte piezoelektrische Keramikschicht beispielsweise mit Hilfe eines Siebdruckverfahrens eine Widerstandsmeßstrecke 28 aufzubringen (Fig. 10) und sie als Sensor zu nutzen. Durch die mechanische Verbindung der beiden Piezoschichten 7a, 7b biegt sich die sensorische Schicht 29 ebenfalls. Durch die Streckung der beispielsweise mäanderförmig verlaufenden Widerstandsmeßstrecke 28 ist, ähnlich wie bei Dehnungsmeßstreifen, diese Biegung erfaßbar.

Patentansprüche

1. Schalter, insbesondere Relais, mit wenigstens zwei Schaltelementen, von denen wenigstens eines zum Schließen und Öffnen des Schalters relativ zum anderen Schaltelement mittels mindestens eines Antriebsteiles bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Schaltelement (2, 3) fest mit dem Antriebsteil (7) verbunden ist, das ein Festkörper-Energiewandler ist.
2. Schalter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das eine Schaltelement (2, 3) über mindestens einen Schieber (26) mit dem Antriebsteil (7) verbunden ist, und daß vorteilhaft der Schieber (26) fest mit dem Antriebsteil (7) und dem einen Schaltelement (2, 3) verbunden ist.
3. Schalter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltelemente (2, 3) Kontaktfedern sind, die vorzugsweise wenigstens ein Kontaktstück (5, 6) tragen.
4. Schalter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörper-Energiewandler (7) ein piezoelektrischer Wandler ist, der vorzugsweise ein Biegewandler ist, der mindestens eine piezoelektrische Schicht aufweist.
5. Schalter nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine Feder die Bewegung des Energiewandlers (7) unterstützt, die vorteilhaft die Kontaktfeder (2, 3) ist.
6. Schalter nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Festkörper-Energiewandler (7) ein magnetostriktiver Energiewandler ist.
7. Schalter, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsteil (7) an eine Auswerteeinheit (8) angeschlossen ist, die ein charakteristisches Merkmal, vorzugsweise eine elektrische Impedanz oder eine Spannung, des Antriebsteiles (7) erfaßt und auswertet.
8. Schalter nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das charakteristische Merkmal ein elektrischer Widerstand einer besonders ausgebildeten Elektrodenfläche (29) des Energiewandlers ist.
9. Schalter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8) in Abhängigkeit vom ausgewerteten Merkmal ein Signal an eine Überwachungseinheit (10) liefert, die vorteilhaft an eine Ansteuereinheit (9) angeschlossen ist, welche das Antriebsteil (7) steuert.
10. Schalter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuereinheit (9) die am Antriebsteil (7) anliegende Eingangs- und Ausgangsspannung überwacht.
11. Schalter nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8) zur Erzeugung einer elektrischen Wechselspannung einen Oszillator (19) aufweist, daß vorteilhaft die Wechselspannung von einer Strom/Spannungsmeßeinheit (20) erfaßt wird, der vorzugsweise ein Vergleicher (22) nachgeschaltet ist, der die von der Strom/Spannungsmeßeinheit (20) gelieferten Istwerte mit einem Sollwert vergleicht und in Abhängigkeit der Vergleichsmessung ein Steuersignal an die Überwachungseinheit (10) liefert.
12. Schalter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (8) zwei Vergleicher (23, 24) aufweist, an welche das Antriebsteil (7) angeschlossen ist, und daß vorzugsweise die Vergleicher (23, 24) eine Referenzspannung (U_{ref1} , U_{ref2}) mit einer gemessenen Ist-Spannung am Antriebsteil (7) vergleichen.
13. Schalter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleicher (23, 24) in Abhängigkeit vom Vergleichsmeßergebnis eine Steuerspannung (U_{out1} , U_{out2}) liefern, die vorteilhaft der Überwachungseinheit (10) zugeführt wird.

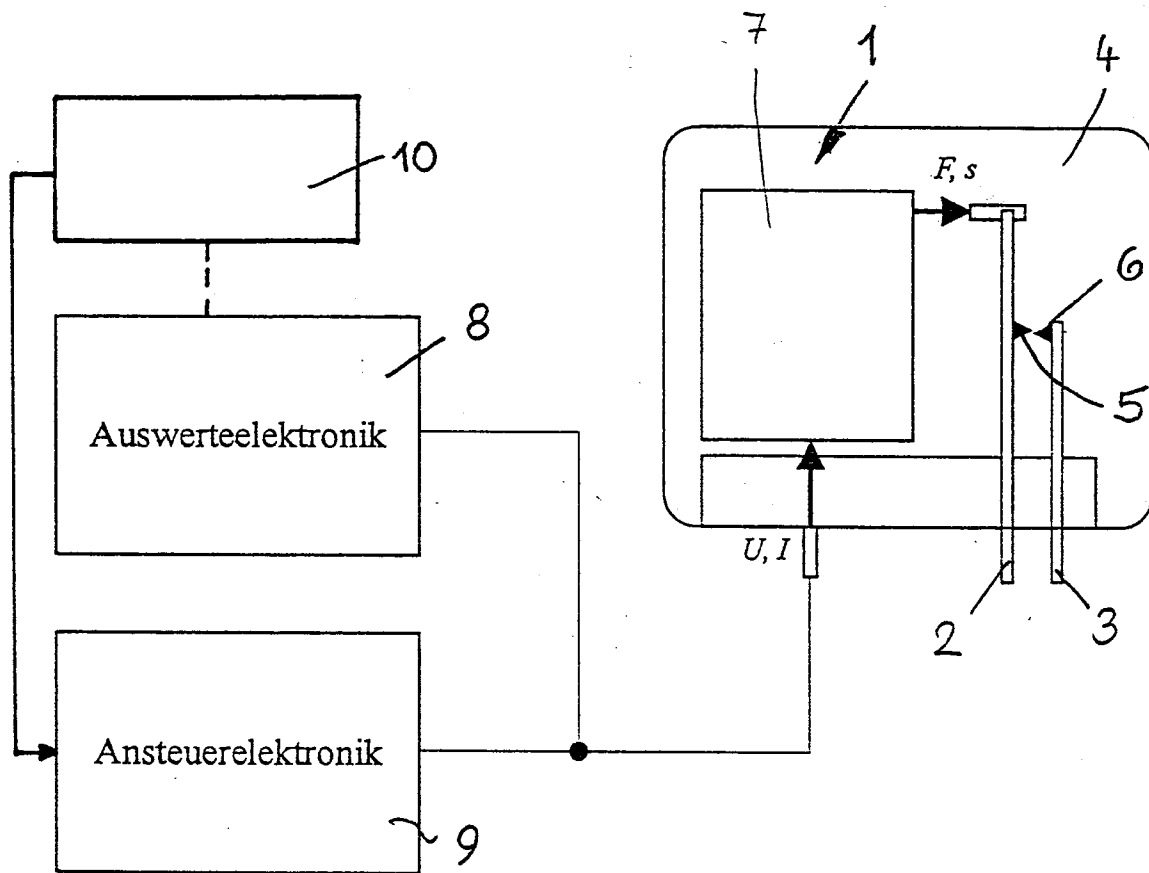


Fig. 1

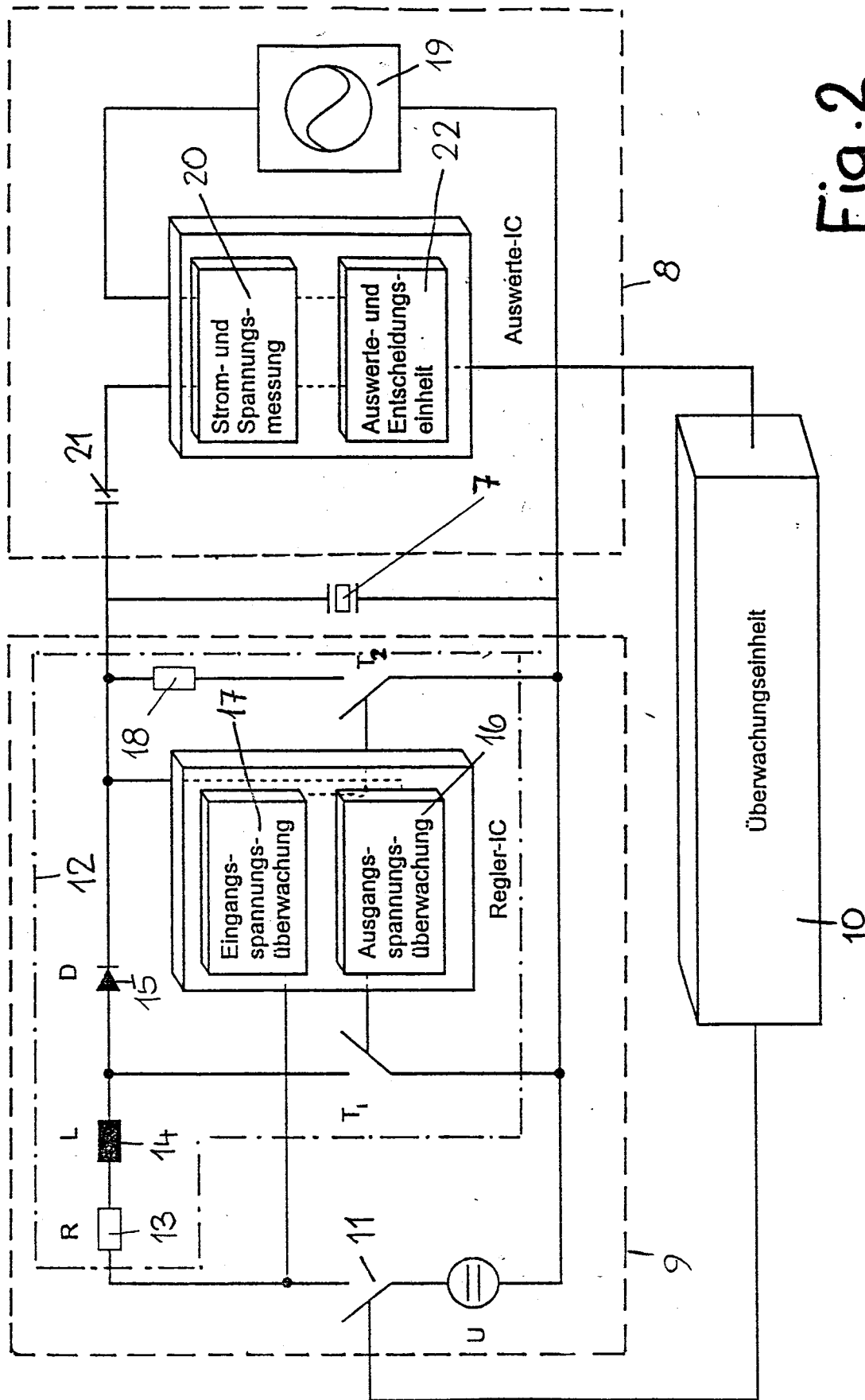


Fig. 2

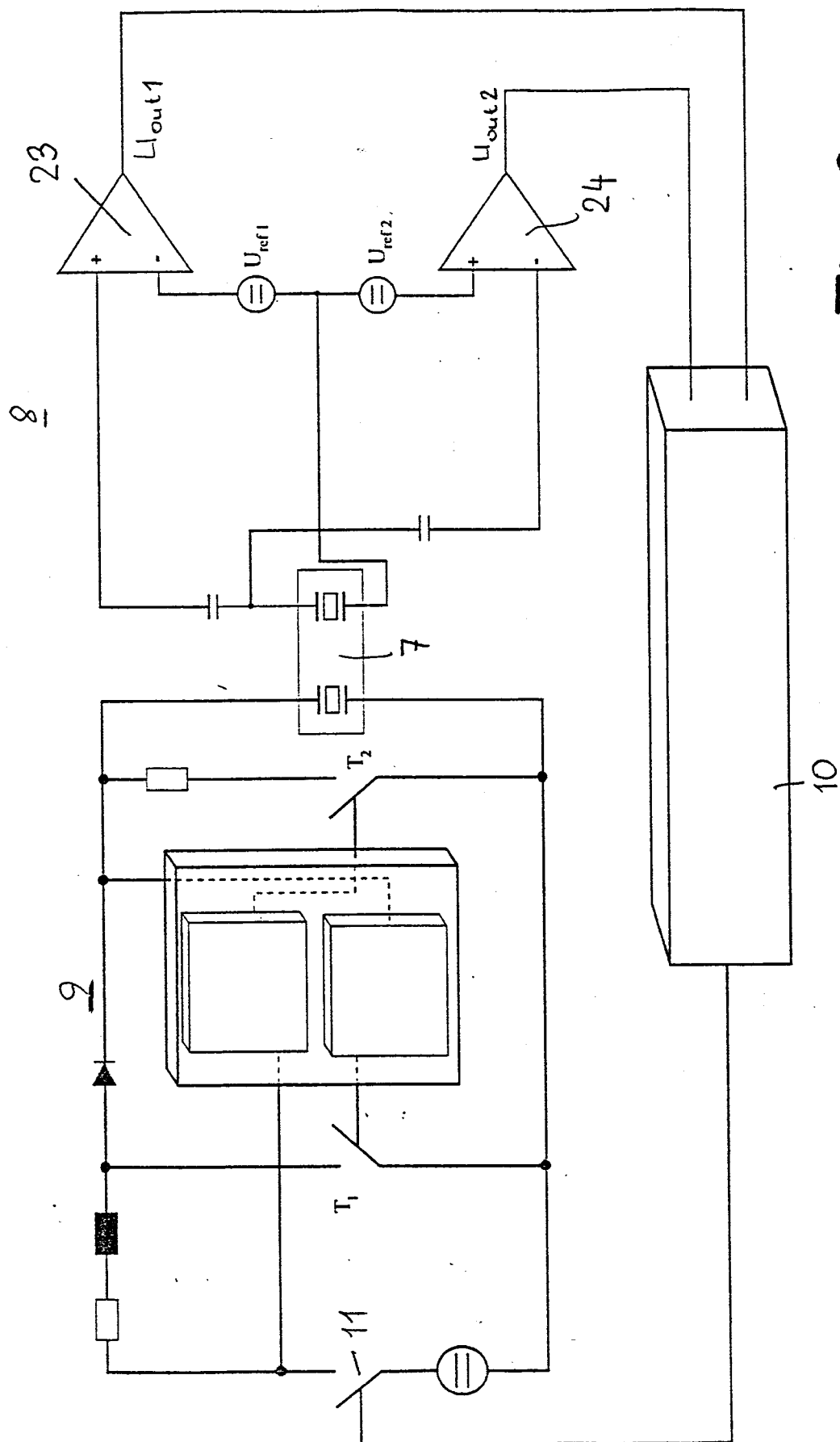


Fig. 3

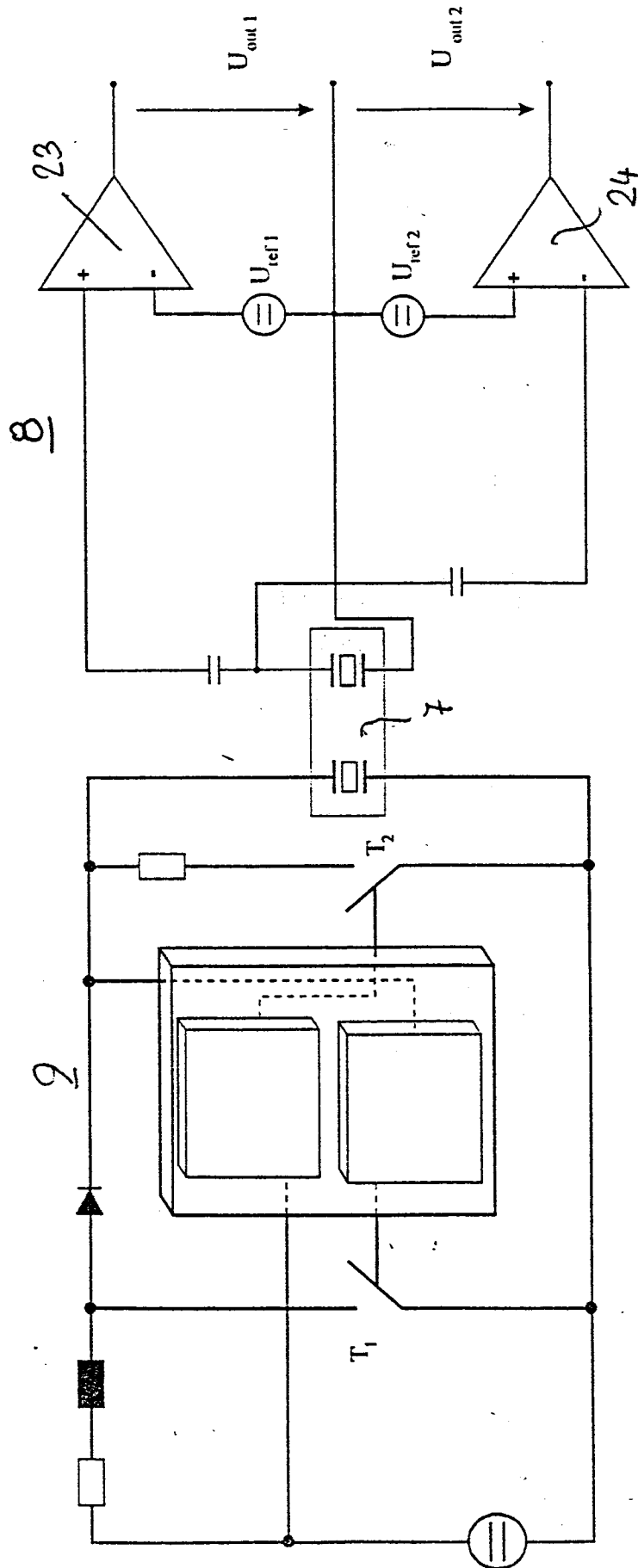
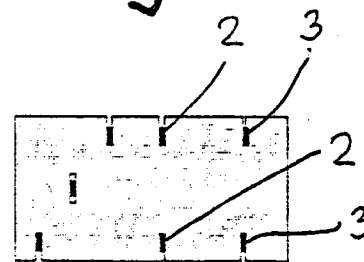
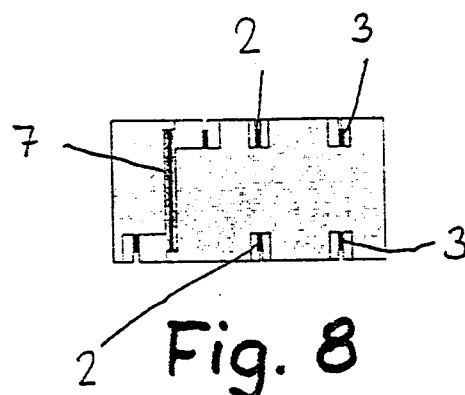
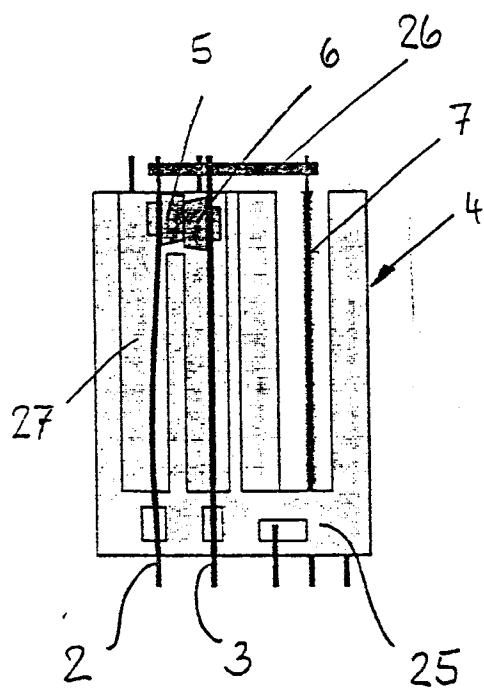
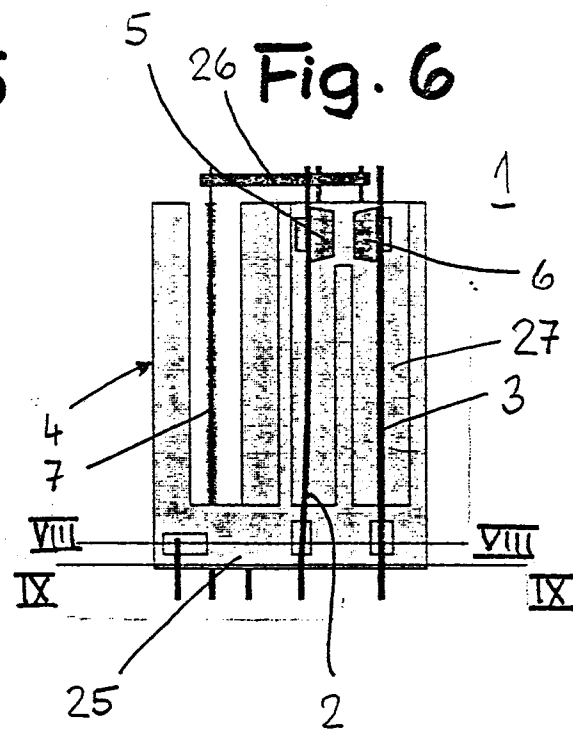
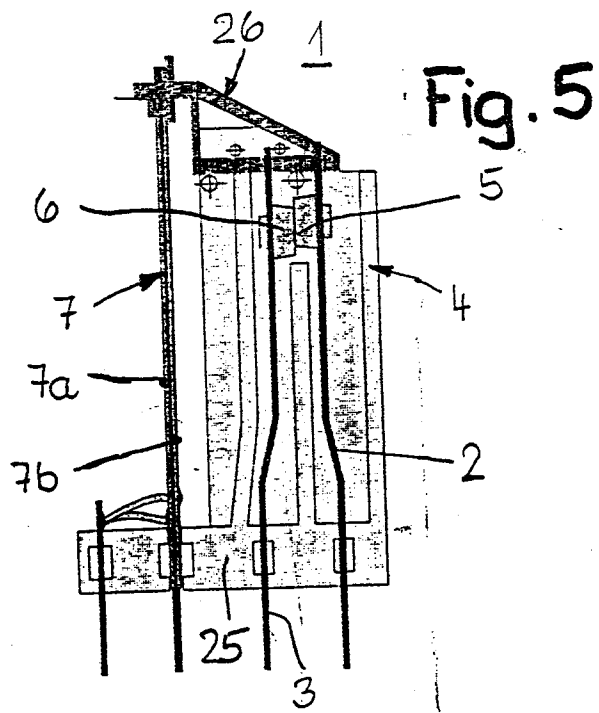


Fig. 4



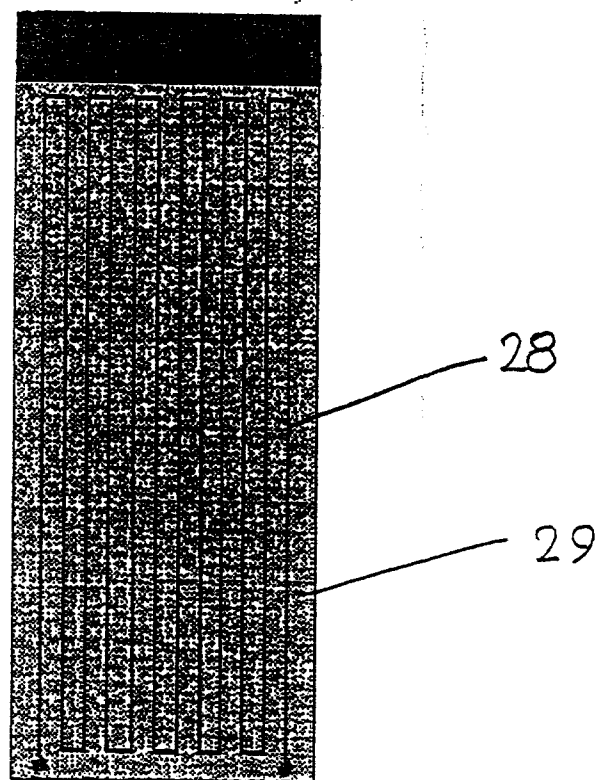


Fig. 10