



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

ISSN 0433-6461

(11)

160 916

Int.Cl.³

3(51)

G 04 F 13/04

G 01 D 5/20

AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 04 F/ 2142 54

(22) 11.07.79

(44) 13.06.84

(71) INGENIEURHOCHSCHULE MITTWEIDA;DD;
(72) SCHLEICHER, ERICH, PROF. DR. RER. NAT.;DD;

(54) ANORDNUNG ZUR BETRIEBSZEITMESSUNG MIT MAGNETISCHER SIGNALUMSETZUNG

(57) Die Anordnung besteht aus einem Quecksilbercoulometer mit einem elektrolytischen Einschluß, in dem ein elektrolytisch inerte weichmagnetischer Körper schwimmt, der durch seine Permeabilität die Induktivität einer außerhalb des Coulometerhohlraumes angebrachten Spule verändert und dadurch Signal- bzw. Schaltvorgänge auslösen kann. Der durch das Quecksilber fließende Elektrolysestrom liegt in der Größenordnung von weniger als $1\mu\text{A}$ bis zu einigen $100\mu\text{A}$. Der Einschluß verschiebt sich infolge der Elektrolyse, wobei ein Durchgang je nach Stromstärke einige 10 bis 100 000 Stunden betragen kann und einstellbar ist. Mit der erfindungsgemäßen Anordnung können innerhalb dieser Grenzen mit einer oder mit mehreren Spulen, die fest eingestellt oder verschiebbar sein können, Schaltvorgänge ausgelöst werden. Die Anordnung kann auch technologisch vorteilhaft durch einen Hohlraum zwischen zwei Plättchen einer mikroelektronischen Sandwichanordnung gebildet werden. Gegenüber bekannten Anordnungen zeichnet sich die beschriebene Lösung vor allem durch die kontaktlose Messung und die höhere Zuverlässigkeit aus.

Titel der Erfindung

Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung in elektrischen und elektronischen Geräten, die auf der Basis elektrolytischer Coulometer arbeitet und dadurch einfach und robust aufgebaut ist, einen geringen Strombedarf hat und in einem weiteren Temperaturbereich eine von der Umgebungstemperatur unabhängige Anzeige liefert. Die erfindungsgemäße Anordnung läßt Betriebszeitmessungen zwischen 10 und 10 000 Stunden mit einer Genauigkeit von 2 % zu und kann wahlweise hinsichtlich der Gesamtmeßzeit den Erfordernissen angepaßt werden. Neben der an sich bekannten visuellen Ablesung der Betriebszeit eröffnet sie die neue Möglichkeit einer magnetischen Signalumsetzung, die es gestattet, zu frei einstellbaren Zeiten innerhalb des vorgegebenen Meßbereiches ohne Eingriffe in die Coulometeranordnung Signal- oder Schaltvorgänge auszulösen. Wenn die Anordnung mit einer konstanten Spannungsquelle verbunden wird, lassen sich in den angegebenen Meßbereichsgrenzen Schaltvorgänge analog einer Langzeitschaltuhr auslösen.

Nach Ablauf der Meßvorgänge kann die Anordnung in den Ausgangszustand zurückversetzt werden und steht für die erneute Nutzung zur Verfügung.

Hauptsächliche Anwendungsgebiete sind Zuverlässigkeitsuntersuchungen, frei einstellbare Anzeigeintervalle für Service und Wartung und von zeitabhängigen Prozessen in der Industrie. Gegenüber den bekannten Anordnungen ist die größere Zuverlässigkeit hervorzuheben. Für verschiedene Einsatzgebiete ist die Unempfindlichkeit der Anordnung gegenüber radioaktiver Strahlung von Bedeutung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Neben elektrischen, elektromechanischen und elektronischen Geräten, die für Betriebszeitmessungen verwendet werden und durch ihre anders gearteten Wirkprinzipien nicht für Vergleichszwecke herangezogen werden sollen, sind viele Anordnungen bekannt, die auf der Grundlage elektrolytischer Prozesse arbeiten und für Strom-Zeit-Messungen und Betriebszeitmessungen verwendet werden. Alle diese Anordnungen beruhen auf der Messung einer durch Elektrolyse abgeschiedenen Stoffmenge, die entsprechend dem Faradayschen Gesetz für konstanten Strom der Beziehung $M = A \cdot I \cdot \Delta t$ folgt, wobei M die abgeschiedene Stoffmenge bezeichnet, die bei vorgegebenem elektrochemischem Potential A dem Strom I und der Stromflußzeit Δt proportional ist.

Die bekannteste Anordnung ist das Quecksilbercoulometer, das in einer für die Messung in elektronischen Geräten vorgesehenen Form aus einer mit Quecksilber gefüllten Kapillare besteht, die an einer Stirnseite durch eine als Katode dienende Elektrode, an der anderen durch eine Anode abgeschlossen ist. Innerhalb der Quecksilbersäule befindet sich ein kleiner, mit wässrigem Elektrolyt gefüllter Einschluß. Wenn durch diese Anordnung ein Gleichstrom fließt, so gehen an der mit der Anode verbundenen Quecksilbersäule Hg-Ionen in Lösung, wandern durch

den Elektrolyten und werden an der mit der Katode verbundenen Quecksilbersäule wieder abgeschieden. Das Quecksilber wandert also mit dem Strom vom positiven zum negativen Pol, d.h., die positive Quecksilbersäule wird kürzer, die negative dagegen länger. Der mit Elektrolyt gefüllte Zwischenraum wandert somit entgegen der Stromrichtung, dabei ist die durchwanderte Strecke bei konstantem Strom der Stromflußzeit proportional. Die Stromkonstanz wird durch die äußere Beschaltung, insbesondere durch einen hinreichend großen Vorwiderstand, gewährleistet.

Da die transportierte Materialmenge und somit die Wanderungsgeschwindigkeit neben der Zeit nur vom Strom abhängt und der Vorwiderstand im allgemeinen mindestens um den Faktor 100 größer ist als der Widerstand des elektrolytischen Einschusses, der bei 10^2 Ohm liegt, hat die durch schwankende Außentemperaturen bewirkte starke Veränderung dieses Innenwiderstandes keinen Einfluß auf den Elektrolyseprozeß, so daß solche Mikrocoulometer nahezu temperaturunabhängig sind in einem Betriebstemperaturbereich von $-30...+70^{\circ}\text{C}$, der durch spezielle Werkstoffe auch auf $+125^{\circ}\text{C}$ ausgedehnt werden kann.

Für solche Quecksilbercoulometer existieren mehrere Varianten, die nicht nur eine visuelle Beobachtung der durch den Einschluß in der Quecksilbersäule zurückgelegten Wegstrecke gestatten, sondern durch zusätzlich in die Kapillare hineinragende Elektroden, die von schwachen Wechselströmen durchflossen werden, auch Signal- und Schaltvorgänge ermöglichen. Durch Zusammenschaltung mehrerer solcher Anordnungen können quasidigitale Anzeigen mit größerer Genauigkeit erreicht werden. In einer weiteren Variante ist das Material der Kapillare halbleitend und läßt frei einstellbare Signal- oder Schaltzeiten innerhalb des gesamten Meßbereiches durch Schleifkontakte zu, die an der Außenseite der Kapillare angebracht sind. Manuelle oder elektronische Umpolung der Elektrolysespannung verändert die Bewegungsrichtung des Einschusses, so daß nach Abschluß der Messungen eine Rückstellung möglich ist.

Hinsichtlich der technologischen Ausführung wurde vorgeschlagen, die Kapillare durch einen rillenförmigen Hohlraum im Inneren einer aus mehreren Plättchen bestehenden Sandwichanordnung zu bilden und die Elektroden als Leiterschichten auf einem Plättchen aufzubringen.

Es wurde auch ein festkörperionischer Betriebszeitindikator beschrieben, der als Festelektrolyt RbAg_4J_5 verwendet und eine Gold- und eine Silberelektrode enthält. Dieser Indikator läßt sich zum Auslösen von Schaltvorgängen oder für Anzeigezwecke einsetzen, da nach Ablauf des durch äußere Beschaltung eingestellten Meßzeitintervalles ein Spannungssprung auftritt, der als Signalgröße ausgenutzt werden kann. Eine Lösung zur Signalisierung von Teilzeiten ist bei diesem Betriebszeitindikator jedoch nicht bekannt.

Obwohl diese technischen Lösungen in einigen der angeführten Varianten eine Einstellung von bestimmten Zwischenzeiten innerhalb des gesamten Meßzeitintervalles gestatten, ist dies entweder mit der Anbringung zusätzlicher Elektroden verbunden, die in die Kapillare hineinragen, oder beruht auf dem äußeren Widerstandsabgriff mit Schleifkontakten, die jedoch unter sehr rauen Einsatzbedingungen Kontaktprobleme ergeben können. Außerdem erfordern die Kondensatoren, die in die Wechselstromkreise zur galvanischen Trennung von dem Elektrolysestromkreis eingefügt werden müssen, relativ viel Platz.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung setzt sich zum Ziel, bei elektrolytischen Betriebszeitmessern Zwischenzeiten innerhalb des gesamten Meßzeitintervalles kontaktlos für Signal- und Schaltzwecke einstellen zu können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei dem an sich bekannten Quecksilbercoulometer den direkten galvanischen Abgriff von Zwischenzeiten, der bisher durch Kontakte realisiert wird, durch eine magnetische Signalumsetzung kontaktlos zu gestalten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein zylindrischer Hohlraum, der mit Quecksilber gefüllt ist und an den beiden Stirnseiten durch Elektroden abgeschlossen ist, innerhalb der Quecksilbersäule einen mit wässrigem Elektrolyt gefüllten Einschluß aufweist, in dem ein weichmagnetischer Körper schwimmt, der gegenüber dem Elektrolyten und dem Elektrolyseprozeß inert ist und der die Induktivität von außerhalb des zylindrischen Hohlraumes angebrachten Spulenwindungen verändert. Figur 1 dient der Erläuterung dieses Prinzips. Der zylindrische Hohlraum 2 soll aus Glas oder einem anderen isolierenden oder halbleitenden Material bestehen, dessen magnetische Permeabilität nicht sehr von dem Wert 1 abweichen darf. Er wird von der als Elektrolyseelektrode dienenden Anode A und der entsprechenden Katode K abgeschlossen und enthält die Quecksilbersäule 1, die durch den wässrigen Elektrolyt 3 in zwei Teile getrennt wird. In diesem Elektrolyt befindet sich der weichmagnetische Körper 4, der am Elektrolyseprozeß selbst nicht beteiligt sein und vom Elektrolyt nicht angegriffen werden darf. Der zylindrische Hohlraum 2 wird von der Spule 5 teilweise umschlossen. Wird durch das Quecksilber ein Elektrolysegleichstrom geleitet, so bewegt sich der Einschluß 3 von der Katode in Richtung zur Anode. Der in ihn schwimmende weichmagnetische Körper hat eine geringere Dichte als das Quecksilber, wird also stets zwischen den Quecksilberteilsäulen verbleiben und zusammen mit dem Einschluß transportiert werden. Durch seine große magnetische Permeabilität verändert er die Induktivität der Spule 5, wenn er den Raum unter ihren Windungen passiert. Diese Induktivitätsänderung kann in an

sich bekannter Weise zur Auslösung von Signal- oder Schaltvorgängen dienen.

Für den praktischen Einsatz der elektrolytischen Betriebszeitmesser in elektrischen und elektronischen Geräten ist ihre Lageunabhängigkeit von großer Bedeutung. Während dies bei den bekannten Ausführungen dadurch gewährleistet wird, daß sich das Quecksilber mit dem elektrolytischen Einschluß in einer Kapillare befindet, deren Durchmesser die Fixierung des Einschlusses zwischen den Quecksilberteilsäulen durch die Oberflächenspannung des Quecksilbers an den Berührungsstellen gewährleistet, kann bei der erfindungsgemäßen Lösung der Innendurchmesser des länglichen Hohlraumes wesentlich breiter gewählt werden, da die durch den weichmagnetischen Körper gebildete Einengung des Hohlraumdurchmessers als Kapillare wirkt und somit die gleiche Funktion wie eine durchgehende Kapillare erfüllt. Die stabile Lage zwischen den Quecksilberteilsäulen ist für alle üblichen weichmagnetischen Materialien durch die Unterschiede zwischen der Dichte des Quecksilbers, die $13,6 \text{ g/cm}^3$ beträgt, und dem weichmagnetischen Material, dessen Dichte beispielsweise für Eisen bei $7,86 \text{ g/cm}^3$ und für Ferrite bei $3,0 \dots 5,0 \text{ g/cm}^3$ liegt, gesichert. Der durch das Schwimmen des weichmagnetischen Körpers im wässrigen Elektrolyt bewirkte Auftrieb spielt dabei keine wesentliche Rolle. Dieses Prinzip bewirkt natürlich, daß der weichmagnetische Körper entsprechend seiner Dichte in geringem Maße in die Quecksilberteilsäulen eintaucht, wie dies in Figur 1 angedeutet ist.

Die in Figur 1 zur Erklärung des Prinzips gezeichnete kugelförmige Ausbildung des weichmagnetischen Körpers kann durch andere geeignete geometrische Formen ersetzt werden. Dafür ist in Figur 2 eine weitere mögliche Variante dargestellt, die ebenfalls einen zylindrischen Hohlraum 2 mit den beiden Quecksilberteilsäulen 1 und dem wässrigen elektrolytischen Einschluß 3 enthält. Der weichmagnetische Körper 4 ist in dieser Variante zylinderförmig und enthält zusätzlich eine Bohrung 6, deren Anbringung vom Prinzip her nicht erforderlich

ist, die sich aber bei der praktischen Ausführung als zweckmäßig erwiesen hat. Sie bildet zusammen mit dem Raum zwischen der Außenwand des weichmagnetischen Körpers und der Innenwand des zylindrischen Hohlraumes die Kapillare, die ein Durchdringen der Quecksilberteilsäulen mittels der Oberflächenspannung des Quecksilbers verhindert, den Elektrolysevorgang jedoch nicht beeinträchtigt. Um die Außenwandung des zylindrischen Hohlraumes ist die zur magnetischen Signalumsetzung erforderliche Spule 5 gewickelt.

Als weichmagnetischer Körper eignet sich jedes Material, das eine genügend große magnetische Permeabilität aufweist, die eine zuverlässige Induktivitätsänderung im äußeren Spulenkreis bewirkt. Die Verwendung metallischer weichmagnetischer Materialien erfordert, daß die Oberfläche des magnetischen Körpers mit einem isolierenden inerten Überzug versehen wird. Dafür eignet sich beispielsweise eine dünne Glas- oder Kunststoffschicht. Weichmagnetische Ferritkörper benötigen im allgemeinen einen solchen Überzug nicht, da sie bei entsprechender Herstellung eine dichte Oberfläche aufweisen, die von den angrenzenden Materialien nicht angegriffen wird, und einen hinreichend hohen spezifischen Widerstand hat, der je nach Werkstoff etwa zwischen 10 und $10^5 \Omega \text{ cm}$ liegt und unter Berücksichtigung des Widerstandes des Elektrolyten, der Werte zwischen 100 Ohm und 200 Ohm annimmt, passend gewählt werden kann. Bei Verwendung von Ferriten für den magnetischen Körper ist weiterhin zu berücksichtigen, daß der Werkstoff über den gesamten Betriebstemperaturbereich der erfindungsgemäßen Anordnung ferrimagnetisch bleiben muß, daß also der Curiepunkt des Materials hinreichend hoch liegt. Es sind genügend Materialien bekannt, die diese Bedingung erfüllen und Permeabilitätswerte über 10^3 haben. Bei ferromagnetischen metallischen Werkstoffen ist die Bedingung einer hinreichend hohen Curietemperatur ohnehin erfüllt, und die Anfangspermeabilitäten bekannter Werkstoffe haben Werte von mehr als 10^5 .

Wichtig für eine sichere Signalumsetzung ist weiterhin die Bemessung der Spule, deren Induktivität sich beim Passieren des weichmagnetischen Körpers ändert. Bekannte elektronische Anordnungen ermöglichen die Realisierung einer sprunghaften Schaltfunktion, wenn die Induktivität einen bestimmten Wert überschreitet. Im Interesse einer guten Reproduzierbarkeit der magnetischen Signalumsetzung kann es von Vorteil sein, das magnetische Feld dieser Spule in an sich bekannter Weise durch einen Spalt auf einer geometrisch begrenzten Strecke zu konzentrieren.

Figur 3 zeigt eine weitere Variation der Anordnung gemäß Figur 1, die zur Realisierung weiterer Schaltfunktionen neben der Spule 5 zusätzlich die Spulen 6 und 7 enthält, wobei eine Erweiterung der Anzahl der Spulen je nach Länge des zylindrischen Hohlraumes möglich ist. Mit 1 sind in Figur 3 die beiden Quecksilberteilsäulen bezeichnet, die sich in dem zylindrischen Hohlraum 2 befinden und zwischen sich den elektrolitischen Einschluß 3 mit dem magnetischen Körper 4 aufweisen. A und K bedeuten wiederum Anode und Katode der elektrolitischen Anordnung.

Diese Spulen können fest oder verschiebbar angeordnet sein. Die beim Passieren des weichmagnetischen Körpers durch die Induktivitätsänderungen entstehenden Signalgrößen können in an sich bekannter Weise sowohl als diskrete Schaltfunktionen zur Signalisierung der Position des weichmagnetischen Körpers als auch beispielsweise zur Umpolung des Elektrolysegleichstromes genutzt werden.

Obwohl aus den Figuren 1 bis 3 und der dazu gehörenden Erläuterungen geschlossen werden könnte, daß es sich bei dem zylindrischen Hohlraum um ein Röhrchen handelt, muß dies nicht der Fall sein. Vielmehr kann dieser Hohlraum in an sich bekannter Weise innerhalb einer aus Plättchen gebildeten Sandwichanordnung gebildet werden. Dann ist es möglich, die Spulen in Form

gedruckter Leiterbahnen aufzubringen, wodurch sich eine technologisch günstige Lösung für ein neues Bauelement ergibt. In dieser Form können auch zum Beispiel Vorwiderstände, die der Anpassung an die externe Gerätespannung dienen sowie die Elektrolyseelektroden als Schichten aufgebracht werden. Damit kann aus der erfindungsgemäßen Anordnung ein neues ionisches integriertes Bauelement konzipiert werden.

Gegenüber den bekannten Anordnungen mit galvanischem Abgriff der Widerstandsänderung beim Durchlaufen des elektrolytischen Einschlusses hat die beschriebene Anordnung nicht nur den Vorzug der kontaktlosen Signalumsetzung, sondern hat durch den Wegfall der Kondensatoren, die den Elektrolysegleichstrom gegen den oder die Wechselstromsignalkreise abblocken, eine wesentliche Verkleinerung der Abmessungen und eine Verbilligung der gesamten Anordnung zur Folge.

Die erfindungsgemäße Anordnung kann nach Beendigung der Messungen oder nach erfolgtem Durchlauf des elektrolytischen Einschlusses durch Umpolen der Elektrolysespannung regeneriert werden.

Die Reproduzierbarkeit der Signalauslösung ist stark von dem maximalen Betriebszeitmeßbereich abhängig, der insbesondere durch den Elektrolysestrom, der außerhalb der Anordnung durch einen Vorwiderstand eingestellt wird, und durch die geometrischen Abmessungen der Anordnung bestimmt wird. Durch geeignetes Zusammenschalten mehrerer Anordnungen läßt sie sich in gewünschtem Maße verändern.

Ausführungsbeispiel

Ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anordnung besteht aus einem Glasröhrchen von 43 mm Länge mit einem Innendurchmesser von 2mm, das an beiden Stirnseiten durch Platinelektroden abgeschlossen ist. Der Zwischenraum zwischen den beiden Quecksilberteilsäulen ist mit einem wäß-

rigen Elektrolyt aus einer Mischung von KCl und Hg_2Cl_2 gefüllt. In ihm schwimmt der kugelförmige magnetische Körper, der aus einer Permalloylegierung mit einer Anfangspermeabilität von 100 000, einen spezifischen Widerstand von $65 \Omega \text{cm}$ und einer Curietemperatur von 400°C besteht. Er ist mit einer Teflonschicht von 0,05 mm Dicke überzogen und hat insgesamt einen Durchmesser von 1,8 mm. Die Anordnung wurde in einem elektronischen Gerät zur Betriebszeitmessung eingesetzt, das eine stabilisierte Gleichspannung von 13 V aufwies. Mit einem Vorwiderstand vor der Anode der Anordnung von 2 Meg-Ohm wurde ein Elektrolysestrom von $6,5 \mu\text{A}$ eingestellt, der einen Durchlauf des magnetischen Körpers in 1000 Stunden gewährleistet. Für diesen Strom war der Widerstand des Elektrolyten, der bei 20°C etwa 150 Ohm betrug und mit steigender Temperatur abnahm, hinsichtlich seines Wertes belanglos. Die Spule bestand aus 40 Windungen und war verschiebbar angebracht. Zur Begrenzung des magnetischen Streufeldes wurde zwischen Spule und Röhrchen ein verschiebbarer Spalt von 0,3 mm Breite angeordnet. Die Spule war Teil eines Wechselstromkreises mit üblichem Schwellwertschalter, der zur Auslösung der Signalvorgänge beim Passieren des magnetischen Körpers diente. Die Reproduzierbarkeit der Signalauslösung innerhalb des Meßzeitraumes von 1000 Stunden lag in dem ausgeführten Beispiel bei ca. 2 Stunden.

Für die Rückführung des magnetischen Körpers in die Ausgangsstellung wurde die Elektrolysegleichspannung umgepolt und gleichzeitig der Vorwiderstand auf $20 \text{ k}\Omega$ herabgesetzt. Die Rückführung war dann nach 10 Stunden abgeschlossen.

Erfindungsanspruch

1. Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung, bestehend aus einem zylindrischen Hohlraum mit Quecksilberfüllung mit einem Einschluß aus einem wäßrigen Elektrolyten, gekennzeichnet dadurch, daß in diesem Einschluß ein elektrolytisch inerte weichmagnetischer Körper schwimmt, der die Induktivität von außerhalb des zylindrischen Hohlraumes angeordneten Spulen verändert.
2. Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung gemäß Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der elektrolytisch inerte weichmagnetische Körper zylinderförmig ist und in Richtung des zylindrischen Hohlraumes mindestens eine Längsbohrung aufweist.
3. Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung gemäß Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß das magnetische Feld der stromdurchflossenen Spulen gegenüber dem magnetischen Körper durch einen magnetischen Spalt eingeengt wird.

4. Anordnung zur Betriebszeitmessung mit magnetischer Signalumsetzung gemäß Punkt 1 und/oder 2 und/oder 3, gekennzeichnet dadurch, daß der zylindrische Hohlraum durch einen Hohlraum in einer aus mindestens 2 Plättchen bestehenden Sandwichanordnung gebildet wird, die gleichzeitig die Spulen als aufgedruckte Leiterbahnen tragen.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

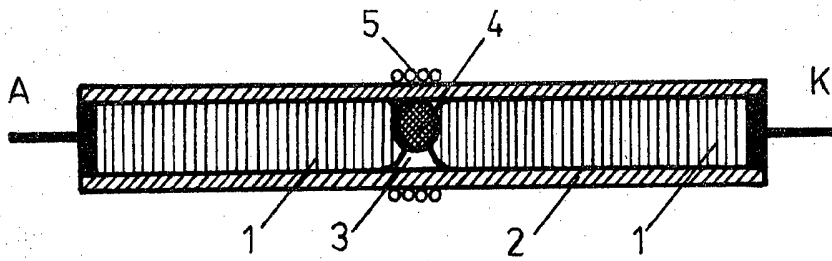


Fig. 1

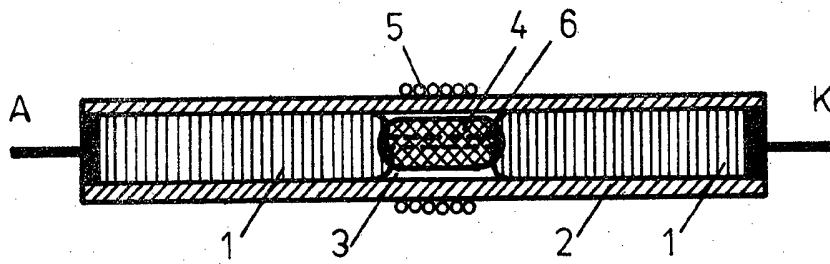


Fig. 2

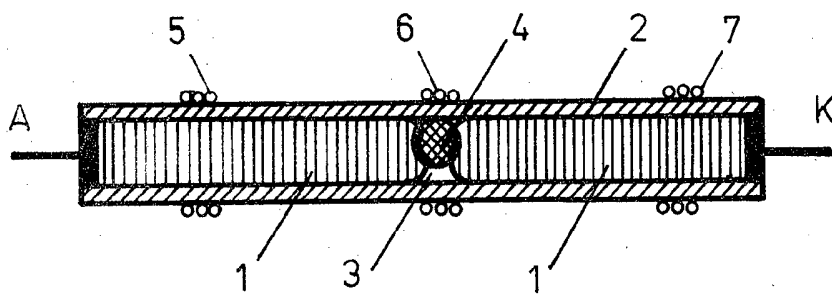


Fig. 3