



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 60 894 A1** 2004.07.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 60 894.6**

(22) Anmeldetag: **17.12.2002**

(43) Offenlegungstag: **22.07.2004**

(51) Int Cl.7: **G01R 31/36**
G01R 31/00, H02J 7/00

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10719 Berlin

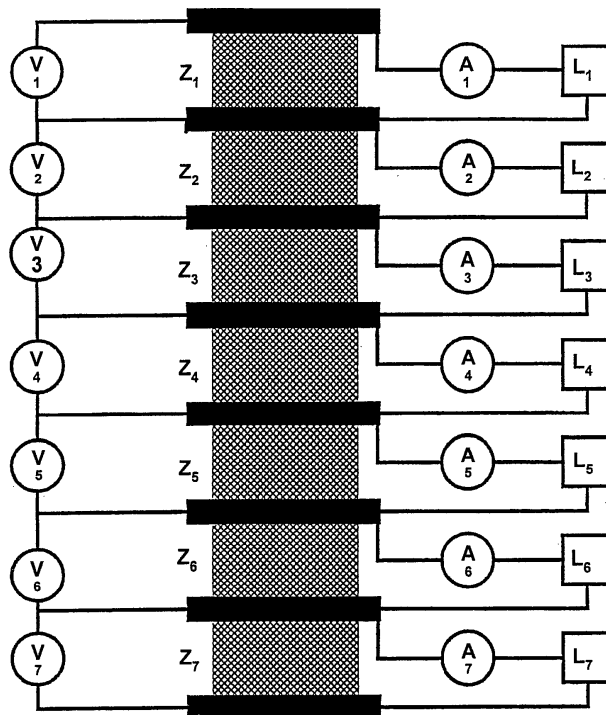
(72) Erfinder:
Hakenjos, Alexander, 79295 Sulzburg, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Schaltungsanordnung zur Vermessung von elektrochemischen Zellen in einer Serienverschaltung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren mit einer entsprechenden Schaltungsanordnung zur Vermessung von elektrischen Eigenschaften elektrochemischer Zellen (Z_i) in einer Serienverschaltung durch simultane Messung von die belasteten Zellen (Z_i) durchfließendem Strom und von zwischen den Polen einzelner Zellen der Serienverschaltung anliegende Spannungen. Dabei sind zumindest Untergruppen der Zellen gruppenweise oder einzeln mit separaten Lasten (L_i) verbunden. Dadurch werden unter Beibehaltung der Serienverschaltung Messungen an Einzelzellen oder Untergruppen der Zellen (Z_i) unter Beibehaltung der davon unabhängig zu wählenden Bedingungen in den anderen Zellen (Z_i) möglich.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Vermessung von elektrochemischen Zellen wie z.B. Brennstoffzellen in einer Serienschaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. 8.

Stand der Technik

[0002] Um durch Addition der Ausgangsspannungen einzelner elektrochemischer Zellen größere Gesamtspannungen zu erzielen, werden mehrere Zellen in Serie verschaltet. Dabei werden die Zellen häufig räumlich dicht gepackt, um den Platzbedarf so gering wie möglich zu halten. Zur Optimierung derartiger Serienschaltungen muss das Verhalten einzelner Zellen unter Bedingungen der Serienschaltung bekannt sein. Veränderungen der Zelleigenschaften unter den Bedingungen der Serienschaltung gegenüber den Eigenschaften einer einzelnen, räumlich isolierten Zelle, beispielsweise durch thermische Einflüsse der benachbarten Zellen, machen entsprechende Messungen unter Beibehaltung der Serienschaltung erforderlich.

[0003] Bekannt ist ein Verfahren zur Messung der ohmschen Verluste einzelner Zellen in einer Serienschaltung mittels einer Stromunterbrechungsmethode und eine entsprechende Schaltungsanordnung, die von Tuomas Mennola et al. in Journal of Power Sources 4931, Jg. 2002, S. 1 – 12 beschrieben werden. Bei der dort beschriebenen und angewandten Anordnung werden die einzelnen Zellspannungen durch Abnahme der Spannungen an den kathoden- und anodenseitigen Stromableitern der einzelnen Zellen der belasteten Serienschaltung gemessen. Durch gleichzeitige Messung des die Serienschaltung durchfließenden Stroms kann so der Zusammenhang zwischen diesem Strom und den einzelnen Zellspannungen ermittelt werden.

[0004] Von besonderem Interesse ist dieser Zusammenhang für den Fall eines zeitlich veränderlichen Stromes. Bei der bekannten Schaltungsanordnung, die in der oben zitierten Veröffentlichung beschrieben wird, muss hierfür der Strom in allen Zellen der Serienschaltung simultan in gleicher Weise verändert werden. Insbesondere muss also zur Untersuchung des Verhaltens einer einzelnen Zelle unter zeitlich veränderlichem Strom der durch die benachbarten Zellen fließende Strom in gleicher Weise wie der durch die betreffende Zelle fließende Strom zeitlich verändert werden. Ein Nachteil der bekannten Anordnung und des bekannten Verfahrens ist also die Unmöglichkeit, das Verhalten einzelner Zellen unter den Bedingungen der Serienschaltung unter zeitlich veränderlichem Strom zu untersuchen, ohne dabei gleichzeitig die Bedingungen in den Nachbarzellen zeitlich korreliert zu ändern.

[0005] Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine entsprechende Schal-

tungsanordnung zu finden, die es ermöglichen, den durch einzelne Zellen fließenden Strom gezielt und unabhängig von dem Strom, mit dem die anderen Zellen beaufschlagt sind, festzulegen bzw. zu verändern.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 bzw. 8 in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 bzw. 8.

[0007] Vorteilhaft an der Verbindung von Untergruppen der Zellen mit separaten Lasten ist die Möglichkeit, den durch die entsprechenden Gruppen von Zellen fließenden Strom gezielt festzulegen oder zu verändern, ohne die gleiche Änderung des durch alle anderen Zellen fließenden Stroms und eine damit korrelierte Änderung der in den anderen Zellen herrschenden Bedingungen zu erzwingen. So werden selektive Messungen an Untergruppen von Zellen oder auch an einzelnen Zellen der Serienschaltung bei gleichzeitiger, davon unabhängiger Festlegung der Bedingungen in den übrigen Zellen möglich.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0009] Durch die Verbindung mindestens einer der einzelnen Zellen mit einer eigenen separaten Last wird die Untersuchung der Eigenschaften dieser Zelle insbesondere unter zeitlich veränderlichen Strömen unter den Bedingungen der Serienschaltung unter unabhängig definierten Bedingungen in den Nachbarzellen möglich.

[0010] Sind alle Zellen der Serienschaltung jeweils mit einer eigenen separaten Last verbunden, können derartige Untersuchungen für alle Einzelzellen mit ein und derselben Schaltungsanordnung durchgeführt werden.

[0011] Die durch die einzelnen Zellen bzw. Gruppen von Zellen fließenden Ströme können durch die Wahl von Lasten entsprechender elektrischer Eigenschaften wie ohmscher Widerstände, Induktivitäten oder Kapazitäten festgelegt werden. Durch Messung dieser Ströme und der zwischen den Polen der einzelnen Zellen anliegenden Spannungen, die sich durch die von den Zellen selbst generierten Spannungen und Veränderungen derselben durch den fließenden Strom aufgrund ohmscher Widerstände, elektrochemischer Superpotentiale und dergleichen ergeben, können insbesondere Strom-Spannungscharakteristika einer einzelnen oder mehrerer Zellen ermittelt werden. Zur Messung von einzelnen Punkten der Strom-Spannungskennlinie einer Einzelzelle oder einer Gruppe von Zellen werden die entsprechenden Zellen mit einem definierten Strom beaufschlagt. Dies kann durch die Wahl definierter, einfacher ohmscher Widerstände als Lasten der Zellen oder Zellgruppen geschehen.

[0012] Die Wahl von in ihren elektrischen Eigenschaften wie Widerstand, Induktivität oder Kapazität kontrolliert zeitlich veränderlichen Lasten resultiert in einer Beaufschlagung der Zellen mit einem definierten zeitlich veränderlichen Strom. Das ermöglicht die

unabhängige Untersuchung des Verhaltens einzelner Zellen oder mehrerer Zellen unter veränderlichem Strom unter definierten und davon unabhängigen Bedingungen in den anderen Zellen. Entscheidend ist, dass der Strom nicht in jeder Zelle gleich sein muss, in einigen Zellen kann er auch zeitlich konstant sein. Messanordnungen zum Aufzeichnen der zeitlichen Verläufe der Zellspannungen und der durch die Zellen fließenden Ströme erlauben die für derartige Untersuchungen nötigen Auswertungen.

[0013] Impedanzmessungen an einzelnen oder Gruppen von Einzelzellen werden durch Wahl von Lasten möglich, die ihren elektrischen Eigenschaften periodisch oder mit einer Superposition von Perioden zeitlich veränderlich sind. Das resultiert in einer Beaufschlagung der entsprechenden Zellen mit einem definierten Strom, der sich aus einem beliebigen Gleichstromanteil und einem Wechselstromanteil einer bestimmten Frequenz oder einer Superposition mehrerer Frequenzen zusammensetzt. In ähnlicher Weise ist die gezielte Beaufschlagung von Einzelzellen oder von Gruppen von Einzelzellen mit einem Rauschen und damit die Untersuchung des Verhaltens der entsprechenden Zellen unter Rauschen möglich.

[0014] Zur Ermittlung der Wechselspannungsanteile bzw. Wechselstromanteile der zeitlichen Verläufe der einzelnen Zellspannungen bzw. der durch die einzelnen fließenden Ströme können mit entsprechenden Vorrichtungen Verfahren wie Lock-In-Verstärkung, Filterung, Fourieranalyse oder Laplaceanalyse angewandt werden. Die Impedanzen errechnen sich dann als Quotienten der einzelnen Wechselspannungs- und Wechselstromanteile. Derartige Verfahren zur Impedanzmessung an einzelnen Zellen oder Gruppen von Einzelzellen sind auch auf dem Stand der Technik entsprechende Schaltungsanordnungen anwendbar, wenn auch unter Inkaufnahme des oben aufgeführten Nachteils.

[0015] Bei allen beschriebenen Messungen an Einzelzellen oder Untergruppen der in Serie verschalteten Zellen mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung können die Ströme, mit denen die übrigen Zellen beaufschlagt sind, von den Messungen unabhängig festgelegt werden.

Ausführungsbeispiel

[0016] Zwei Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sollen anhand folgender Figuren erläutert werden. Es zeigen:

[0017] **Fig. 1** den Schaltplan einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für den Fall einer Serienschaltung von sieben einzelnen Zellen, bei der eine der Einzelzellen mit einer eigenen Last verbunden ist,

[0018] **Fig. 2** den Schaltplan einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für die Vermessung der Einzelzellen einer Serienschaltung von sieben Zellen, bei der alle Zellen jeweils mit einer eigenen

separaten Last verbunden sind.

[0019] Der in **Fig. 1** dargestellte Schaltplan zeigt eine Anordnung von sieben in Serie verschalteten einzelnen Brennstoffzellen Z_1 bis Z_7 . Wie dargestellt räumlich dicht aufeinander gepackt bilden diese Zellen einen sogenannten Stack. Zur Spannungsmessung der zwischen den Polen der einzelnen Zellen anliegenden Spannungen ist jeweils zwischen anoden- und kathodenseitigem Stromableiter jeder Zelle ein Spannungsmessgerät V_i geschaltet, das beispielsweise als Oszilloskop ausgestaltet sein kann. Für die Spannungsabnahme zwischen zwei Zellen des Stacks ist dabei jeweils die anodenseitige Stromableitung mit der kathodenseitigen Stromableitung der nächsten Zelle identisch und wird durch eine zwischen den einzelnen Zellen liegende Bipolarplatte gebildet. Erfindungsgemäß ist im dargestellten Beispiel die Einzelzelle Z_5 mit einer eigenen Last L_5 verbunden, welche nur diese Zelle Z_5 belastet. Die der Zelle Z_5 vor- und nachgeschalteten Zellen Z_1 bis Z_4 bzw. Z_6 und Z_7 sind jeweils als Gruppe mit einer Last L_1 bzw. L_2 verbunden. Die Verbindung ist dabei, wie für die Spannungsmessgeräte V_i , über die als Stromableiter der Zellen dienenden Bipolarplatten bzw. Endplatten gegeben. Zur Messungen der die Zellen Z_i durchfließenden Ströme sind in die stromführenden Verbindungen der jeweiligen Last Z_i mit der Zelle bzw. den Zellen Z_i Strommessgeräte A_i geschaltet, die wie die Spannungsmessgeräte V_i zweckmäßiger Weise so ausgestaltet sind, dass sie ein Aufzeichnen der zeitlichen Verläufe der ermittelten Messwerte erlauben, zum Beispiel als Oszillographen. Die Lasten L_i sind als in ihren elektrischen Eigenschaften zeitlich kontrolliert veränderbar ausgestaltet, insbesondere in ihren ohmschen Widerständen. Das ermöglicht eine gezielte Beaufschlagung der Zelle Z_5 und der ihr vor- bzw. nachgeschalteten Zellgruppe mit einem definierten, auch zeitlich veränderlichen, Strom. Mit der Schaltungsanordnung des vorliegenden Beispiels kann an der Zelle Z_5 eine Messung durchgeführt werden, ohne dass die restlichen Zellen der Serienschaltung davon direkt durch eine zur Messung notwendige Stromhöhe oder Stromhöhenvariation in der Zelle Z_5 beeinflusst werden.

[0020] Bei der in **Fig. 2** dargestellten Schaltungsanordnung für die gleiche Anordnung von serienverschalteten Zellen ist jede der Zellen Z_1 bis Z_7 über die ihre jeweils kathoden- oder anodenseitige Stromableitung bildende Bipolarplatte bzw. Endplatte mit einer eigenen separaten Last L_i verbunden, welche wie im oben beschriebenen Ausführungsbeispiel zur gezielten Beaufschlagung der entsprechenden Zelle mit einem Strom kontrollierbar veränderbare elektrische Eigenschaften hat. Dementsprechend sind sieben Strommessgeräte A_i in den stromführenden Verbindungen der Lasten L_i mit den jeweiligen Zellen Z_i angeordnet. Zur Spannungsmessung der zwischen den zwei Polen jeder Zelle anliegenden Spannungen ist wie beim zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel jeweils ein Spannungsmessgerät V_i zwischen den

kathoden- und anodenseitigen Stromableiter jeder Zelle geschaltet. Die Schaltungsanordnung der Fig. 2 erlaubt es, für jede der Einzelzellen der Serienschaltung Messungen auch unter zeitlich veränderlichen Strömen durchzuführen und dabei die durch die jeweilige Stromhöhen verursachten Bedingungen in den anderen Zellen davon unabhängig zu wählen. Auch können an verschiedenen Zellen oder Gruppen von Zellen gleichzeitig verschiedene Messungen durchgeführt werden. Es können auch nur Teile der Serienschaltung mit Strom beaufschlagt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermessung von elektrischen Eigenschaften elektrochemischer Zellen in einer Serienschaltung, bei der simultan die belasteten Zellen durchfließender Strom und zwischen den Polen einzelner Zellen der Serienschaltung anliegende Spannungen gemessen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der durch die Zellen fließende Strom für mindestens zwei Untergruppen der Zellen bei gruppenweiser Belastung der Untergruppen mit separaten Lasten (L_i) separat gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der mindestens zwei Untergruppen durch eine einzige Zelle gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Zellen fließende Strom für jede Zelle bei separater Belastung jeder Zelle mit jeweils einer eigenen Last separat gemessen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen durch Wahl von Lasten jeweils definierter elektrischer Eigenschaften wie ohmscher Widerstände, Kapazitäten oder Induktivitäten mit jeweils definiertem Strom beaufschlagt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen durch zeitlich veränderliche Eigenschaften der Lasten mit zeitlich veränderlichem Strom beaufschlagt werden zur Ermittlung des Verhaltens einzelner Zellen oder mehrerer Zellen unter zeitlich veränderlichem Strom.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen durch in ihren elektrischen Eigenschaften periodisch, mit einer Superposition von Perioden oder rauschartig zeitlich veränderliche Lasten mit definiertem Strom beaufschlagt werden, der sich aus einem beliebigen Gleichstromanteil und einem Wechselstromanteil einer bestimmten Frequenz oder einer Superposition mehrerer Frequenzen zusammensetzt oder einen Rauschanteil hat.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet, dass die Wechselspannungsanteile und/oder Wechselstromanteile der zeitlichen Verläufe der einzelnen Zellspannungen bzw. der durch die einzelnen Zellen fließenden Ströme durch Verfahren wie Lock-In-Verstärkung, Filterung, Fourieranalyse oder Laplaceanalyse ermittelt werden.

8. Schaltungsanordnung zur Vermessung von elektrischen Eigenschaften elektrochemischer Zellen in einer Serienschaltung mit einer Messanordnung zur Messung von die belasteten Zellen durchfließendem Strom und von zwischen den Polen einzelner Zellen der Serienschaltung anliegenden Spannungen, dadurch gekennzeichnet, dass die Zellen in mindestens zwei Untergruppen gruppenweise mit separaten Lasten (L_i) belastet sind.

9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der mindestens zwei Untergruppen aus einer einzigen Zelle besteht.

10. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass alle Zellen der Serienschaltung jeweils mit einer separaten Last verbunden sind.

11. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasten definierte elektrische Eigenschaften wie ohmsche Widerstände, Kapazitäten oder Induktivitäten haben.

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasten in ihren elektrischen Eigenschaften zeitlich veränderlich ausgestaltet sind zur Beaufschlagung der Zellen mit einem jeweils definierten zeitlich veränderlichen Strom.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Lasten in ihren elektrischen Eigenschaften periodisch, mit einer Superposition von Perioden oder rauschartig zeitlich veränderlich ausgestaltet sind.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Messanordnung zur Strom- und Spannungsmessung mit Vorrichtungen wie Lock-In-Verstärkern, Filtern oder Geräten zur Fourier- oder Laplaceanalyse versehen ist zur Ermittlung der Wechselspannungs- und/oder Wechselstromanteile der zeitlichen Verläufe der einzelnen Zellspannungen bzw. der durch die einzelnen Zellen fließenden Ströme.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

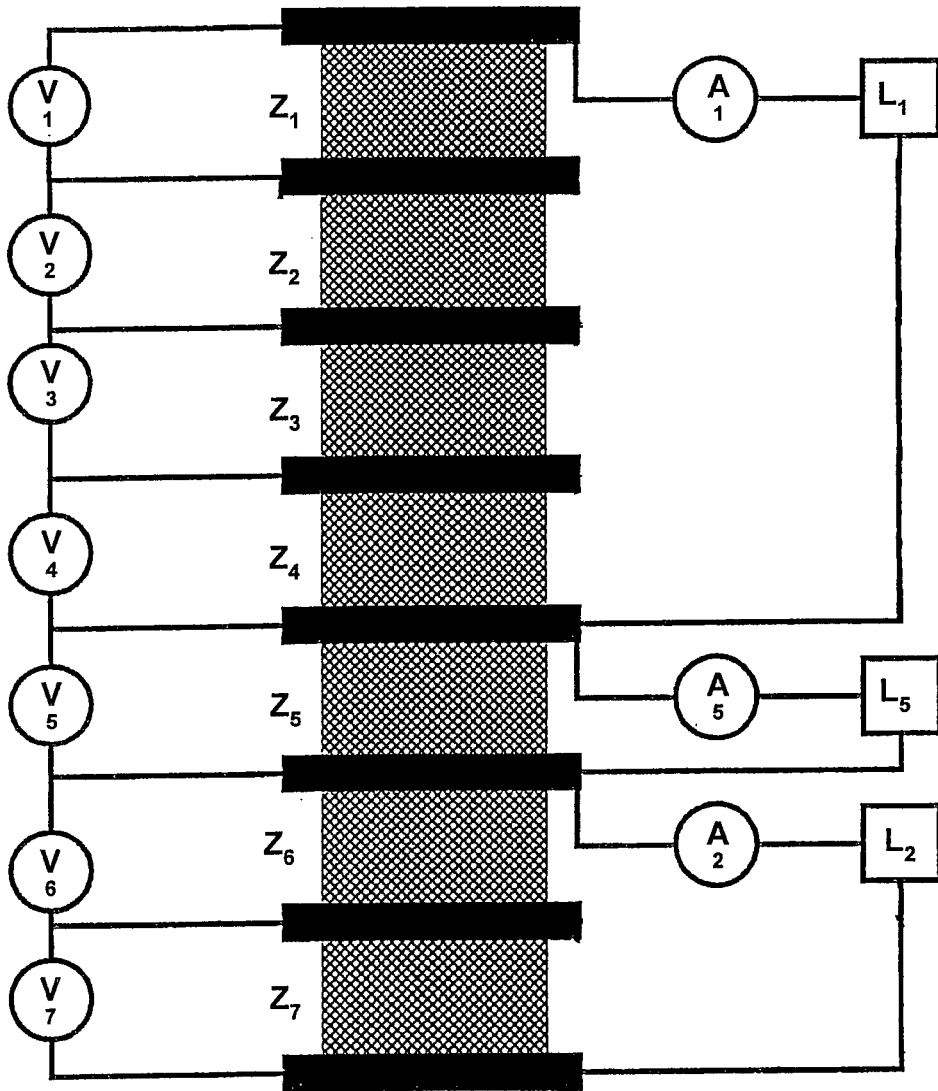


Fig. 1

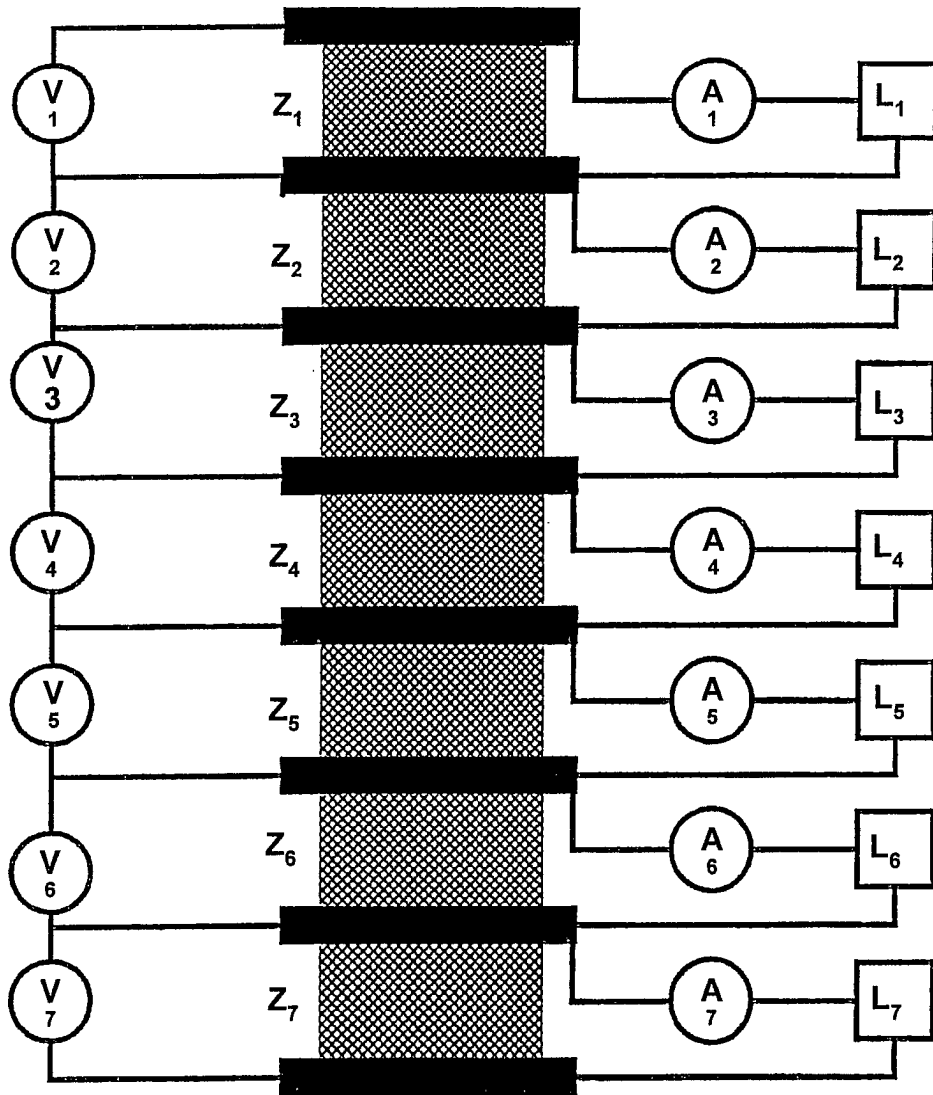


Fig. 2