

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

|      |                    |              |      |           |                    |           |
|------|--------------------|--------------|------|-----------|--------------------|-----------|
| (21) | Anmeldenummer:     | A 50195/2024 | (51) | Int. Cl.: | <b>H01M 10/48</b>  | (2006.01) |
| (22) | Anmeldetag:        | 06.03.2024   |      |           | <b>H01M 50/569</b> | (2021.01) |
| (43) | Veröffentlicht am: | 15.06.2025   |      |           | <b>G01R 31/364</b> | (2019.01) |
|      |                    |              |      |           | <b>G01D 5/12</b>   | (2006.01) |
|      |                    |              |      |           | <b>G01P 3/48</b>   | (2006.01) |

|      |                                                                                                                       |      |                                                                                                                                                                                                                       |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (56) | Entgegenhaltungen:<br>US 2023384388 A1<br>JP 2020166930 A<br>US 2019089022 A1<br>US 2015338470 A1<br>US 2013057288 A1 | (71) | Patentanmelder:<br>AVL List GmbH<br>8020 Graz (AT)                                                                                                                                                                    |
|      |                                                                                                                       | (72) | Erfinder:<br>Klug Andreas Dipl.-Ing. Dr. MBA<br>8102 Semriach (AT)<br>Reiter Markus Dipl.-Ing. BSc<br>8020 Graz (AT)<br>Karanovic Stefan Dipl.-Ing.<br>8010 Graz (AT)<br>Brunnhöfer Georg Dr.techn.<br>8042 Graz (AT) |
|      |                                                                                                                       | (74) | Vertreter:<br>Hartinger Mario Dipl.-Ing.<br>8020 Graz (AT)                                                                                                                                                            |

(54) **Batteriehalterung mit Mikrodraht-Sensoren**

(57) Es wird ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie mit einer Batterie (12), einer Batteriehalterung (10), an der die Batterie (12) zur Prüfung befestigt ist, und zumindest einem Sensor (25) zur Messung physikalischer Eigenschaften, der an der Batteriehalterung (10) oder der Batterie (12) angeordnet ist, vorgeschlagen, bei dem erfindungsgemäß der zumindest eine Sensor (25) aus zumindest einem passiven bistabilen magnetischen Mikrodraht (32), einem Sensorkopf (26), der eine Erregerspule (28) und eine Empfängerspule (30) aufweist, und einer Verarbeitungseinheit (34) besteht, wobei der Mikrodraht (32) an der Batterie (12) befestigt ist und der Sensorkopf (26) an der Batteriehalterung (10) befestigt ist und wobei die Erregerspule (28) derart zum Mikrodraht (32) angeordnet ist, dass sich das Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem ersten Ende des Mikrodrahts (32) vom Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem zweiten Ende des Mikrodrahts (32) unterscheidet.

Auf diese Weise sind sehr genaue Messungen möglich, ohne eine zusätzliche elektrische Verschaltung der Batterie zu benötigen.

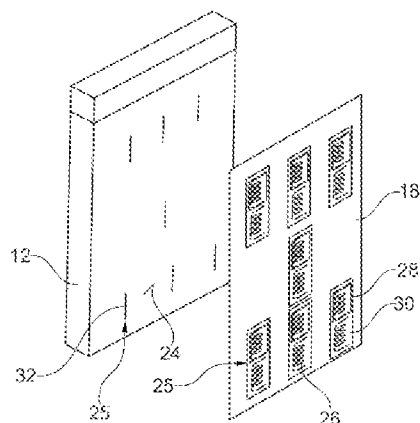


Fig. 2

## ZUSAMMENFASSUNG

5

### **Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie**

Es wird ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie mit einer Batterie (12), einer Batteriehalterung (10), an der die Batterie (12) zur Prüfung befestigt ist, und  
10 zumindest einem Sensor (25) zur Messung physikalischer Eigenschaften, der an der Batteriehalterung (10) oder der Batterie (12) angeordnet ist, vorgeschlagen, bei dem erfindungsgemäß der zumindest eine Sensor (25) aus zumindest einem passiven bistabilen magnetischen Mikrodraht (32), einem Sensorkopf (26), der eine Erregerspule (28) und eine Empfängerspule (30) aufweist, und einer Verarbeitungseinheit (34) besteht, wobei der  
15 Mikrodraht (32) an der Batterie (12) befestigt ist und der Sensorkopf (26) an der Batteriehalterung (10) befestigt ist und wobei die Erregerspule (28) derart zum Mikrodraht (32) angeordnet ist, dass sich das Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem ersten Ende des Mikrodrahts (32) vom Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem zweiten Ende des Mikrodrahts (32) unterscheidet.

20

Auf diese Weise sind sehr genaue Messungen möglich, ohne eine zusätzliche elektrische Verschaltung der Batterie zu benötigen.

Figur 2

25

## B E S C H R E I B U N G

### 5 Batteriehalterung mit Mikrodraht-Sensoren

Die Erfindung betrifft ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie mit einer Batterie, einer Batteriehalterung, an der die Batterie zur Prüfung befestigt ist, und mit zumindest einem Sensor zur Messung physikalischer Eigenschaften, der an der  
10 Batteriehalterung oder der Batterie angeordnet ist.

Mit derartigen Batterie-Prüfsystemen können Hochvoltbatterien für den Einsatz in Hybrid- und Elektrofahrzeugen getestet werden. Diese Tests können sowohl auf Zell- und Modulebene als auch auf Batteriepack-Ebene durchgeführt werden. Die Prüfsysteme eignen sich für einen  
15 Einsatz im gesamten Fahrzeugentwicklungsprozess, also sowohl während der Prototypenentwicklung als auch Vorproduktion und der Serienfertigung. Darüber hinaus eignen sie sich für Prüfungen von Batterien nach dem Einsatz in Fahrzeugen für second life Anwendungen. Dabei werden Tests bezüglich der Haltbarkeit, der Sicherheit und des Leistungsvermögens, und der Energiespeicherfähigkeit durchgeführt.

20

Neben den dabei erforderlichen Messungen der elektrischen Eigenschaften der Batterien, also der Spannung, des Widerstands und des Stroms bei unterschiedlichen Belastungen ist es auch wünschenswert, deren Temperaturen und Temperaturverläufe, sowie die auftretenden Dehnungsspannungen bei unterschiedlicher Belastung und in verschiedenen  
25 Umgebungstemperaturbereichen, welche über eine Klimakammer eingestellt werden, zu messen.

Um diese Funktionen zu erfüllen, werden üblicherweise Widerstandstemperaturdetektoren oder Dehnungsmessstreifen eingesetzt, welche jedoch relativ teuer sind, insbesondere wenn mehrere  
30 dieser Sensoren notwendig sind, um räumlich aufgelöste Messergebnisse zu erhalten, und erfordern einen hohen Verdrahtungsaufwand und zusätzliche elektronische Schnittstellen. Auch ist die mögliche räumliche Auflösung begrenzt.

Auch sind bistabile Mikrodrähte bekannt geworden, welche als passive Messglieder wirken. Diese bestehen aus einem metallischen Kerndraht mit einem Durchmesser von unter 50µm, der als Schutz von einer Glasfaserhülle von wenigen µm Dicke umgeben ist. Ein solcher Mikrodraht wird in der EP 4257929 A1 beschrieben. Der Draht ist dabei derart magnetisiert, 5 dass über seine gesamte Länge genau ein Barkhausen Sprung existiert, so dass es sich um einen echten bistabilen magnetischen Draht handelt, der durch ein asymmetrisches magnetisches Feld angeregt wird. Dies bedeutet, dass beide Enden des Mikrodrahtes einer anderen magnetischen Feldstärke des Erregers ausgesetzt sind. Sobald die Umgebungstemperatur oder eine bestimmte Dehnungslänge einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder überschreitet, erfolgt ein 10 Zustandswechsel des bistabilen Drahts, da sich sein elektrischer Widerstand ändert. Dieser kann durch ein Messgerät erfasst werden. Wenn sich die Temperatur oder die Dehnung weiter ändert und die Bedingungen für einen erneuten Wechsel des Mikrodrahts erfüllt sind, wird ein weiterer Zustandswechsel ausgelöst. Dieser Prozess kann sich je nach den thermischen Eigenschaften des Materials und den Umgebungsbedingungen mehrmals wiederholen. Das Messgerät, also 15 die Empfängerspule liest jeden Zustandswechsel und interpretiert ihn als Änderung der Umgebungstemperatur. Durch Verwendung eines Dreiecksignals der Erregerspule sind die zeitlichen Abstände zwischen den Zustandswechseln ein Maß für die anliegende Temperatur. Die entsprechende Interpretation der Messergebnisse erfolgt über eine Verarbeitungseinheit, die diesen zeitlichen Abständen zwischen zwei Zustandswechseln eine Temperatur zuordnen 20 kann.

Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie zur Verfügung zu stellen, mit dem möglichst kostengünstig die physikalischen Eigenschaften einer Batterie, und hier insbesondere die Dehnungsspannung und die Temperatur 25 der Batterie zuverlässig und mit hoher Exaktheit gemessen werden kann. Dabei sollen möglichst auch Aussagen zur räumlichen Verteilung der gemessenen physikalischen Eigenschaft an der Batterie getroffen werden können. Die Montage und Installation eines solchen Prüfsystems sollen möglichst einfach sein, so dass Rüstzeiten möglichst gering gehalten werden. Auch ist es wünschenswert mehrere physikalische Eigenschaften mit einer 30 verringerten Anzahl an elektronischen Bauteilen messen zu können.

Diese Aufgabe wird durch ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie mit den Merkmalen des Hauptanspruchs 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie weist eine Batterie auf, die an einer Batteriehalterung befestigt ist. Es kann sich dabei um zylindrische oder quaderförmige Batterien oder um Pouch-Batterien handeln. Die Batteriehalterung enthält üblicherweise die elektrische Anbindung der Batterie an das übrige  
5 Prüfsystem, welches geeignet ist, die elektrischen Eigenschaften der Batterie zu messen. Das Prüfsystem weist zusätzlich zumindest einen Sensor zur Messung physikalischer Eigenschaften auf, der an der Batteriehalterung oder der Batterie angeordnet ist. Dieser zumindest eine Sensor besteht erfindungsgemäß aus zumindest einem passiven bistabilen magnetischen Mikrodraht, einem Sensorkopf, der eine Erregerspule und eine Empfängerspule aufweist, und einer  
10 Verarbeitungseinheit. Der Durchmesser eines solchen Mikrodrahtes beträgt weniger als  $100\mu\text{m}$ . Er besteht aus einem inneren Draht, der in einer Glasfaserhülle eingebettet ist. Der Draht ist derart magnetisiert, dass über seine Länge genau ein Barkhausen Sprung existiert. Dieser Mikrodraht wird durch ein asymmetrisches magnetisches Feld der Erregerspule mit einem Dreieckssignal angeregt. Dieses wird erzeugt, indem die Erregerspule derart zum  
15 Mikrodraht angeordnet ist, dass sich das Magnetfeld der Erregerspule an einem ersten Ende des Mikrodrahts vom Magnetfeld der Erregerspule an einem zweiten Ende des Mikrodrahtes unterscheidet. Bei sich ändernder Umgebung, insbesondere Dehnung oder Temperaturänderung erfolgt am Mikrodraht eine Zustandsänderung, also ein Wechsel der Magnetisierung, der eine Änderung des elektrischen Widerstands zur Folge hat. Hierdurch  
20 ändern sich die zeitlichen Abstände im Vergleich zum dreieckigen Erregersignal. Das aus den zeitlichen Abständen der Zustandsänderungen folgende Signal des bistabilen Mikrodrahtes wird in der Verarbeitungseinheit verarbeitet und in ein digitales Signal umgewandelt. Das gemessene und ausgewertete Signal zeigt eine nahezu lineare Abhängigkeit zwischen der Temperatur oder der Dehnung der magnetischen Reaktion des bistabilen Mikrodrahtes. Der  
25 Mikrodraht ist an der Batterie befestigt, insbesondere aufgeklebt, während der Sensorkopf an der Batteriehalterung befestigt ist. Auf diese Weise können die physikalischen Eigenschaften und hier insbesondere die Dehnungsspannung und die Temperatur der Batterie kostengünstig und zuverlässig gemessen werden, ohne die an der Batterie angebrachten Teile des Sensors elektrisch anschließen zu müssen. Stattdessen kann der elektrische Anschluss vollständig an  
30 der Batteriehalterung erfolgen, wodurch die Rüstzeiten deutlich verkürzt werden können, da die entsprechenden Anschlüsse vormontiert fest an der Halterung angebracht werden können. Durch Verwendung mehrerer Sensoren können auch genaue Temperatur- oder Dehnungsverteilungen an der Batterie ermittelt werden. Auch können mehrere physikalische Eigenschaften parallel ermittelt werden.

Eine Batterie im Sinne der Erfindung kann vorzugsweise eine Batteriezelle, ein Batteriemodul oder ein Batteriepack sein.

Vorzugsweise sind mehrere Mikrodrähte auf einer zur Batteriehalterung gewandten Oberfläche  
5 der Batterie befestigt. Durch diese Ausführung können beispielsweise eine Temperaturverteilung auf der Oberfläche der Batterie oder unterschiedliche Dehnungsspannungen auf der Oberfläche der Batterie ermittelt werden.

Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn die zumindest eine Erregerspule und die zumindest eine  
10 Empfängerspule auf einer der Oberfläche der Batterie zugewandten Grundplatte der Batteriehalterung befestigt sind. Die Sensorköpfe sind auf diese Weise in unmittelbarer Nähe zu den Mikrodrähten angeordnet, so dass ein zuverlässiges Signal empfangen werden kann. Des Weiteren kann die elektrische Verschaltung vor Einlegen der Batterie an der Batteriehalterung erfolgen und für eine Vielzahl nacheinander zu testender Batterien genutzt werden.

15

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform ist jeweils ein Sensorkopf einem Mikrodraht zugeordnet. So wird jeder Mikrodraht separat magnetisiert und ausgelesen. Dies vereinfacht die Auswertung der Daten, da eine direkte räumliche Zuordnung möglich ist.

20 Bevorzugt ist jeder Sensorkopf unmittelbar gegenüberliegend zu einem an der Batterie befestigten Mikrodraht an der Batteriehalterung angebracht. So wird sichergestellt, dass sehr kleine Abstände zwischen dem Mikrodraht und dem zugeordneten Sensorkopf vorhanden sind, wodurch sehr genaue Messungen möglich sind, wobei es ausreicht, die Magnetfelder mit wenigen Milliampere zu erzeugen, wodurch ein sehr geringer Stromverbrauch erreicht wird.

25

Des Weiteren ist es vorteilhaft möglich, mehreren Empfängerspulen eine gemeinsame Erregerspule zuzuordnen, wobei jedem Mikrodraht eine Empfängerspule zugeordnet ist. Durch diese Ausführung kann weiterhin eine genaue Verteilung der gemessenen physikalischen Eigenschaft auf der Oberfläche der Batterie ermittelt werden, jedoch kann der apparative  
30 Aufwand reduziert werden, da die notwendige Verdrahtung der Erregerspulen deutlich vereinfacht wird.

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform umgibt die Erregerspule die mehreren Empfängerspulen, denen die Erregerspule zugeordnet ist und die Erregerspule umgibt in einer

Projektion auf die Oberfläche der Batterie, auf der die Mikrodrähte angeordnet sind, die den jeweiligen Empfängerspulen zugeordneten Mikrodrähte. So wird sichergestellt, dass alle Mikrodrähte einem ausreichend großen asymmetrischen Magnetfeld durch die Erregerspule ausgesetzt sind. Der elektrische Montageaufwand wird dabei gering gehalten.

5

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform ist an der Batteriehalterung eine Erregerspule angeordnet, welche alle Empfängerspulen und in Projektion auf die Oberfläche der Batterie, an der die Mikrodrähte befestigt sind, alle Mikrodrähte umgibt. Entsprechend wird der elektrische Montageaufwand noch einmal reduziert, da nur eine Erregerspule elektrisch kontaktiert werden

10 muss.

Auch ist es vorteilhaft, wenn ein Sensorkopf mehreren Mikrodrähten zugeordnet ist. Dies verringert auch die Anzahl der elektrischen Anschlüsse der Empfängerspulen. Dennoch kann eine räumliche Auswertung der physikalischen Eigenschaft erfolgen, da die magnetischen  
15 Felder, denen die Mikrodrähte ausgesetzt sind, unterschiedlich sind. Dadurch entstehen unterschiedliche Zeitpunkte der Zustandsänderungen der Mikrodrähte und der daraus folgenden elektrischen Widerstände, wodurch über eine entsprechende Auswertesoftware den einzelnen Mikrodrähten entsprechende Temperaturen zugeordnet werden können. Ein weiterer Vorteil dieser besonderen Ausführungsform ist, dass eine höhere Bandbreite der Messung und eine  
20 höhere Reichweite erreicht werden können.

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform sind alle Mikrodrähte einem gemeinsamen Sensorkopf zugeordnet. Dies erhöht zwar den Aufwand bei der Auswertung der Messungen, verringert jedoch zusätzlich den apparativen Aufwand.

25

Vorzugsweise erstrecken sich die Mikrodrähte auf der Batterie in unterschiedliche Richtungen. Dies kann genutzt werden, um unterschiedliche Temperaturgradienten in den verschiedenen Erstreckungsrichtungen zu identifizieren oder auch Dehnungsspannungen in unterschiedlichen Erstreckungsrichtungen zu ermitteln.

30

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform sind jeweils zwei Mikrodrähte senkrecht zueinander und übereinanderliegend auf der Batterie angeordnet, so dass Dehnungsspannungen und Temperaturgradienten senkrecht zueinander ermittelt werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist den zwei übereinanderliegenden Mikrodrähten ein Sensorkopf zugeordnet. Durch die unterschiedlichen auf die beiden Mikrodrähte wirkenden magnetischen Felder können deren Antworten über die Verarbeitungseinheit dem jeweiligen Mikrodraht eindeutig zugeordnet werden.

5

Vorzugsweise sind über die Mikrodrähte eine Temperatur und/oder eine Dehnungsspannung und/oder ein mechanischer Druck messbar. Diese physikalischen Eigenschaften können unmittelbar aus den Signalen der Mikrodrähte beziehungsweise der Empfängerspule abgeleitet werden, so dass diese Eigenschaften hochgenau gemessen werden können.

10

In einer bevorzugten Ausführungsform sind jeweils zwei senkrecht zueinander liegende Mikrodrähte, über die eine Dehnungsspannung messbar ist und ein Mikrodraht, über den eine Temperatur messbar ist, einem gegenüberliegenden Sensorkopf zugeordnet. Durch eine derartige Anordnung können Dehnungsspannungen in verschiedenen Ausdehnungsrichtungen der Batterie bestimmt und gleichzeitig die dort vorliegende Temperatur ermittelt werden. Die entstehenden Signale können jedoch noch in der Auswerteeinheit getrennt werden, so dass eindeutige Zuordnungen möglich sind, da die zeitlichen Positionen der Signalspitzen für die drei bistabilen Mikrodrähte, unterschiedlich sind, was eine Unterscheidung ermöglicht. Das empfangene Signal kann somit eindeutig zugeordnet, zerlegt und in die jeweilige physikalische

20 Eigenschaft umgewandelt werden.

Auch kann noch ein zusätzlicher Mikrodraht, über den eine weitere physikalische Eigenschaft messbar ist, dem gegenüberliegenden Sensorkopf zugeordnet werden. Diese physikalische Eigenschaft kann entweder als direkte Messung das magnetische Feld sein oder auf einer

25 indirekten Messung beruhen, wodurch beispielsweise auch Stromflüsse oder Positionen gemessen werden können.

Es wird somit ein Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie geschaffen, mit dem bei minimalem apparativem Aufwand die Oberflächenspannung und

30 Oberflächentemperatur sowie deren Verteilungen auf der Batterieoberfläche direkt und mit hoher Genauigkeit gemessen werden können. Die Sensorik lässt sich leicht auch an bestehenden Prüfsystemen integrieren und weist einen geringen Stromverbrauch bei sehr exakten erreichbaren Messergebnissen auf. Die Verteilung der Messpositionen kann einfach an vorhandene Kundenwünsche angepasst werden und weist entsprechend eine hohe Flexibilität

auf. Die elektrische Verschaltung kann trotz der Messung unmittelbar auf dem Batteriekörper bereits vorab erfolgen, da diese lediglich an der Batteriehalterung durchgeführt werden muss.

Mehrere Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Prüfsysteme sind schematisch in den  
5 Figuren dargestellt und werden nachfolgend beschrieben.

Die Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Batteriehalterung mit Batterie.

Die Figur 2 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht der Batterieauflage der  
10 Batteriehalterung mit mehreren Sensorköpfen sowie die darauf anzuordnende Batterie mit Mikrodrähten.

Die Figur 3 zeigt eine erste alternative Ausführung zu Figur 2.

15 Die Figur 4 zeigt eine zweite alternative Ausführung zu Figur 2.

Die Figur 5 zeigt eine dritte alternative Ausführung zu Figur 2.

Die Figur 6 zeigt eine vierte alternative Ausführung zu Figur 2.

20

Das erfindungsgemäße Prüfsystem weist eine Batteriehalterung 10 auf. In diese Batteriehalterung 10 ist eine zu prüfende Batterie 12 eingelegt, welche im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Pouch-Batteriezelle, also Zelle eines Batteriezellenstapels ausgebildet ist. Üblicherweise werden mehrere solcher Batteriehalterungen 10 mit Batterie 12 in einen  
25 Prüfschrank eingeschoben, an dem die übrigen Messeinrichtungen angeschlossen sind, um die Batterien 12 elektrisch zu überprüfen. Diese Prüfschränke können zusätzlich in einer Klimakammer angeordnet werden.

Die Batteriehalterung 10 weist zwei mechanische Klemmplatten 14 aus einem nicht  
30 magnetisierbaren Material auf, die miteinander unter Zwischenlage der Batterie 12 verschraubt werden und an einem Aufnahmerahmen 16 befestigt werden, gegen dessen Grundplatte 18 eine der Klemmplatten 14 nach der Befestigung fest anliegt. Beidseits der Batterie 12 sind zusätzlich am Aufnahmerahmen 16 zur elektrischen Kontaktierung der Batterie 12 jeweils eine Kontaktklemme 20 ausgebildet über die die Batterie 12 mit Strom versorgt werden kann. Des

Weiteren ist am Aufnahmerahmen 16 eine Elektronikbox 22 angeordnet, die sowohl die Elektronik zur Stromversorgung als auch zur Auswertung der Messungen enthalten kann.

In der Figur 2 ist dargestellt, dass an einer Grundplatte 18 des Aufnahmerahmens 16, die zur Batterie 12 weist, insgesamt sieben Sensorköpfe 26 von sieben Sensoren 25 befestigt sind, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich einer mit Bezugszeichen versehen ist.. Diese bestehen jeweils aus einer Erregerspule 28 und einer Empfängerspule 30, die übereinander angeordnet sind. Auf einer zur Grundplatte 18 weisenden Oberfläche 24 der Batterie 12 sind jeweils gegenüberliegend zu den Sensorköpfen 26 sieben Mikrodrähte 32 der Sensoren 25 angeordnet, welche insbesondere mittels eines Epoxidharzes auf die Batterie 12 aufgeklebt sind und die so magnetisiert sind, dass sie einen Weiss-Bezirk aufweisen, so dass bei Anlegen oder einer Änderung eines magnetischen Feldes zwischen den beiden Enden des Mikrodrahtes 32 ein Barkhausen-Sprung erfolgt, der eine Umpolung der Elektronen im Mikrodraht 32 bewirkt, was zu einem Sprung des vom Mikrodraht 32 ausgesendeten magnetischen Feldes führt, der durch die Empfängerspule 30 mit bis zu 50000 Messungen pro Sekunde aufgenommen werden kann. Voraussetzung hierfür ist, dass das elektromagnetische Feld der Erregerspule 28 asymmetrisch zum Mikrodraht 32 ausgerichtet ist, also eine Differenz, der auf die beiden Enden des Mikrodrahtes 32 wirkenden elektrischen Feldern vorliegt. Bei Anregung der Erregerspule 30 mit einem dreieckigen Erregersignal von wenigen mA und einer Frequenz von bis zu 20 kHz entstehen pro Dreieckssignal zwei Barkhausensprünge, die von der Empfängerspule registriert werden. Deren zeitlicher Abstand ist abhängig von der vorliegenden Temperatur, da sich bei ändernder Temperatur der Widerstand im Mikrodraht ändert, was dazu führt, dass der Barkhausensprung bei sich ändernder Temperatur zu unterschiedlichen Zeiten erfolgt. Diese Zeiten zeigen eine lineare Abhängigkeit zur Temperatur. In einer Verarbeitungseinheit 34, die ebenfalls am Aufnahmerahmen 16 befestigt ist, in der Elektronikbox 22 integriert werden kann und zumindest ein Oszilloskop aufweist, werden diese gemessenen Zeiten den jeweiligen Temperaturen zugeordnet. Dies erfolgt im beschriebenen Ausführungsbeispiel für jeden Mikrodraht 32 und zugeordneten Sensorkopf 26 einzeln. Es sei darauf hingewiesen, dass die Anordnung der Empfängerspulen 30 und der Erregerspulen 28 nicht wie dargestellt immer parallel zu den Mikrodrähten 32 erfolgen muss. Diese können auch beispielsweise senkrecht zueinander angeordnet sein. Es muss lediglich an den beiden Enden der Mikrodrähte 32 ein anderes magnetisches Feld wirken. Die Mikrodrähte 32 weisen einen metallischen Kern von etwa 1 bis 35µm sowie eine Glasfaserhülle mit einer Dicke von 2 bis 20µm. Der Abstand des Sensorkopfes 26 zu den Mikrodrähten 32 darf maximal 10 cm betragen.

Bei der Ausführung gemäß der Figur 3 ist die Anordnung der Mikrodrähte 32 und der Empfängerspulen 30 unverändert. Es werden jedoch alle Mikrodrähte 32 durch eine einzige Erregerspule 28 angeregt, so dass ein Sensorkopf 26 jeweils aus einer separaten  
5 Empfängerspule 30 und der immer gleichen Erregerspule 28 besteht. Diese erstreckt sich außen entlang der Grundplatte 18 und umgibt alle Empfängerspulen 30 sowie in einer Projektion auf die Oberfläche 24 der Batterie 12 auch alle Mikrodrähte 32. Die Funktion entspricht jedoch im Wesentlichen der Vorbeschriebenen. Es ist darauf zu achten, dass alle Mikrodrähte 32 weiterhin einem asymmetrischen Feld der Erregerspule 28 ausgesetzt sind, die erneut ein Dreieckssignal  
10 aussendet, so dass die zeitlichen Abstände der detektierten Widerstandssprünge ein Maß für die Temperatur bilden. Die Widerstandssprünge werden separat für jeden Mikrodraht 32 durch die zugeordnete Empfängerspule 30 detektiert.

Selbstverständlich ist es auch möglich, nicht alle Mikrodrähte 32 über eine einzige Erregerspule  
15 28 anzuregen, sondern diese in Gruppen zuzuordnen, so dass beispielsweise die oberen drei Mikrodrähte 32, der mittlere Mikrodraht 32 und die unteren drei Mikrodrähte 32 jeweils durch eine separate Erregerspule 28 angeregt werden, so dass drei Erregerspulen 28 benötigt würden.

In der Figur 4 ist eine weitere mögliche Ausführungsform dargestellt. Diese besteht aus einem  
20 einzelnen Sensorkopf 26, der allen sieben Mikrodrähten 32 zugeordnet ist und bei dem die Erregerspule 28 und die Empfängerspule 30 übereinander angeordnet sind. Es entsteht erneut ein asymmetrisches magnetisches Feld an allen sieben Mikrodrähten 32. Bei Verwendung nur einer Empfängerspule 30 lassen sich dennoch durch die unterschiedlichen auf die einzelnen Mikrodrähte 32 wirkenden magnetischen Felder die detektierten Barkhausensprünge durch den  
25 unterschiedlichen Zeitversatz zuordnen. Dies erfordert jedoch eine kompliziertere Auswertung in der Verarbeitungseinheit 34. Da jedoch pro gesendetem Dreieckssignal die entsprechenden Antworten detektiert werden können, sich die Zeiten der Barkhausensprünge jedoch aufgrund der unterschiedlichen magnetischen Felder unterscheiden, wird es möglich, die zeitlichen Positionen der Signalspitzen für die sieben bistabilen Mikrodrähte 32, deutlich zu  
30 unterscheiden. Die empfangenen Signale können eindeutig erfasst, zerlegt und in die Temperatur der einzelnen Orte der Mikrodrähte 32 auf der Batterie 12 umgewandelt werden.

In der Figur 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt. Hier sind jedem Sensorkopf 26 zwei senkrecht zueinander angeordnete Mikrodrähte 32 zugeordnet. Eine solche Ausführung ist insbesondere interessant, wenn die Mikrodrähte 32 zur Messung einer Dehnungsspannung

dienen. Durch Auftreten von Dehnungen, die sich durch das flächige Festkleben der Mikrodrähte 32 auf die Oberfläche 24 der Batterie 12 auf die Mikrodrähte 32 überträgt, ändert sich der Widerstand der Mikrodrähte 32 und damit erneut der Zeitpunkt des Barkhausensprungs. Da sich diese Dehnungen in x-Richtung und in y-Richtung unterscheiden  
5 können, aber auch die Magnetfelder, welche auf die beiden senkrecht zueinander angeordneten Mikrodrähte 32 wirken, unterschiedlich sind, wird erneut eine Zuordnung der empfangenen Signale möglich. Entsprechend können Dehnungsspannungen in beiden Richtungen vermessen werden.

- 10 Die Figur 6 zeigt eine Kombination der Ausführungen gemäß der Figur 5 und der Figur 2. Hier sind jedem der sieben Sensorköpfe 26 insgesamt drei Mikrodrähte 32 zugeordnet, von denen jeweils ein Mikrodraht 32.1 zur Temperaturmessung dient und zwei senkrecht zueinander angeordnete Mikrodrähte 32.2, 32.3 zur Messung der Dehnungsspannung dienen. Dabei ist es durch entsprechende Kalibrierung und Filterung möglich, die beiden Signale in der  
15 Verarbeitungseinheit 34 unabhängig voneinander auszuwerten.

Selbstverständlich lassen sich auch andere physikalische Parameter auf diese Weise messen beziehungsweise aus den Messergebnissen herleiten, wie Vibrationen oder ein elektrischer Strom. Auch kann selbstverständlich die Anordnung und Anzahl der Mikrodrähte und der  
20 Sensorköpfe variiert werden und verschiedene Batterietypen und Batteriehalterungen genutzt werden.

- Alle Ausführungsbeispiele sind geeignet, eine genaue Temperaturverteilung und/oder Dehnungsspannungsverteilungen auf der Oberfläche der Batterie sehr exakt zu bestimmen.  
25 Auch ein mechanischer Druck, der auf der Batteriezelle aufliegt, kann durch die in den Ausführungsbeispielen gezeigten besonderen Ausführungsformen der Erfindung sehr exakt bestimmt werden. Durch die Verwendung der passiven Mikrodrähte kann auf eine zusätzliche elektrische Verbindung an der Batterie verzichtet werden. Stattdessen kann die gesamte elektrische Installation vorab an der Batteriehalterung vorgenommen werden, so dass  
30 Rüstzeiten minimiert werden. Der elektrische Energieverbrauch ist ebenfalls im Vergleich zu bekannten Ausführungen sehr gering.

## PATENTANSPRÜCHE

- 5 1. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie mit einer Batterie (12),  
einer Batteriehalterung (10), an der die Batterie (12) zur Prüfung befestigt ist,  
zumindest einem Sensor (25) zur Messung physikalischer Eigenschaften, der an der Batteriehalterung (10) oder der Batterie (12) angeordnet ist,
- 10 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der zumindest eine Sensor (25) aus zumindest einem passiven bistabilen magnetischen Mikrodraht (32), einem Sensorkopf (26), der eine Erregerspule (28) und eine Empfängerspule (30) aufweist, und einer Verarbeitungseinheit (34) besteht, wobei der Mikrodraht (32) an der Batterie (12) befestigt ist und der Sensorkopf (26) an der
- 15 Batteriehalterung (10) befestigt ist und wobei die Erregerspule (28) derart zum Mikrodraht (32) angeordnet ist, dass sich das Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem ersten Ende des Mikrodrahts (32) vom Magnetfeld der Erregerspule (28) an einem zweiten Ende des Mikrodrahts (32) unterscheidet.
- 20 2. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
mehrere Mikrodrähte (32) auf einer zur Batteriehalterung (10) gewandten Oberfläche (24) der Batterie (12) befestigt sind.
- 25 3. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die zumindest eine Erregerspule (28) und die zumindest eine Empfängerspule (30) auf einer der Oberfläche (24) der Batterie (12) zugewandten Grundplatte (18) der Batteriehalterung (10) befestigt sind.
- 30 4. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 2 oder 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jeweils ein Sensorkopf (26) einem Mikrodraht (32) zugeordnet ist.

5. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jeder Sensorkopf (26) unmittelbar gegenüberliegend zu einem an der Batterie (12)  
5 befestigten Mikrodraht (32) an der Batteriehalterung (10) angebracht ist.
6. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
10 mehreren Empfängerspulen (30) eine gemeinsame Erregerspule (28) zugeordnet ist,  
wobei jedem Mikrodraht (32) eine Empfängerspule (30) zugeordnet ist.
7. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
15 die Erregerspule (28) die mehreren Empfängerspulen (30), denen die Erregerspule (28)  
zugeordnet ist, umgibt und die Erregerspule (28) in einer Projektion auf die Oberfläche  
(24) der Batterie (12), auf der die Mikrodrähte (32) angeordnet sind, die den jeweiligen  
Empfängerspulen (30) zugeordneten Mikrodrähte (32) umgibt.
- 20 8. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
an der Batteriehalterung (10) eine Erregerspule (28) angeordnet ist, welche alle  
Empfängerspulen (30) und in Projektion auf die Oberfläche der Batterie (12), an der die  
25 Mikrodrähte (32) befestigt sind, alle Mikrodrähte (32) umgibt.
9. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
30 ein Sensorkopf (26) mehreren Mikrodrähten (32) zugeordnet ist.
10. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
alle Mikrodrähte (32) einem gemeinsamen Sensorkopf (26) zugeordnet sind.

11. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
5 die Mikrodrähte (32) sich auf der Batterie (12) in unterschiedliche Richtungen erstrecken.
12. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
jeweils zwei Mikrodrähte (32) senkrecht zueinander und übereinanderliegend auf der  
10 Batterie (12) angeordnet sind.
13. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
den zwei übereinanderliegenden Mikrodrähten (32) ein Sensorkopf (26) zugeordnet ist.  
15
14. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
über die Mikrodrähte (32) eine Temperatur und/ oder eine Dehnungsspannung messbar  
20 ist.
15. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
25 jeweils zwei senkrecht zueinander liegende Mikrodrähte (32.2, 32.3), über die eine Dehnungsspannung messbar ist, und ein Mikrodraht (32.1), über den eine Temperatur messbar ist, einem gegenüberliegenden Sensorkopf (26) zugeordnet sind.
16. Prüfsystem zur Messung physikalischer Eigenschaften einer Batterie nach Anspruch 15,  
30 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
ein zusätzlicher Mikrodraht (32), über den eine weitere physikalische Eigenschaft messbar ist, dem gegenüberliegenden Sensorkopf (26) zugeordnet ist.

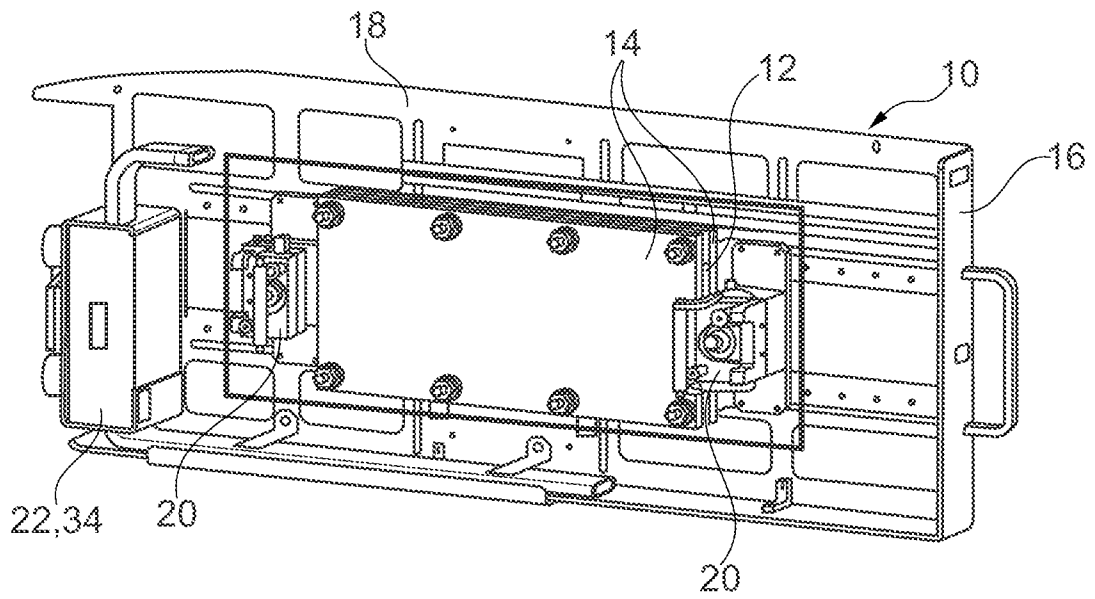


Fig. 1

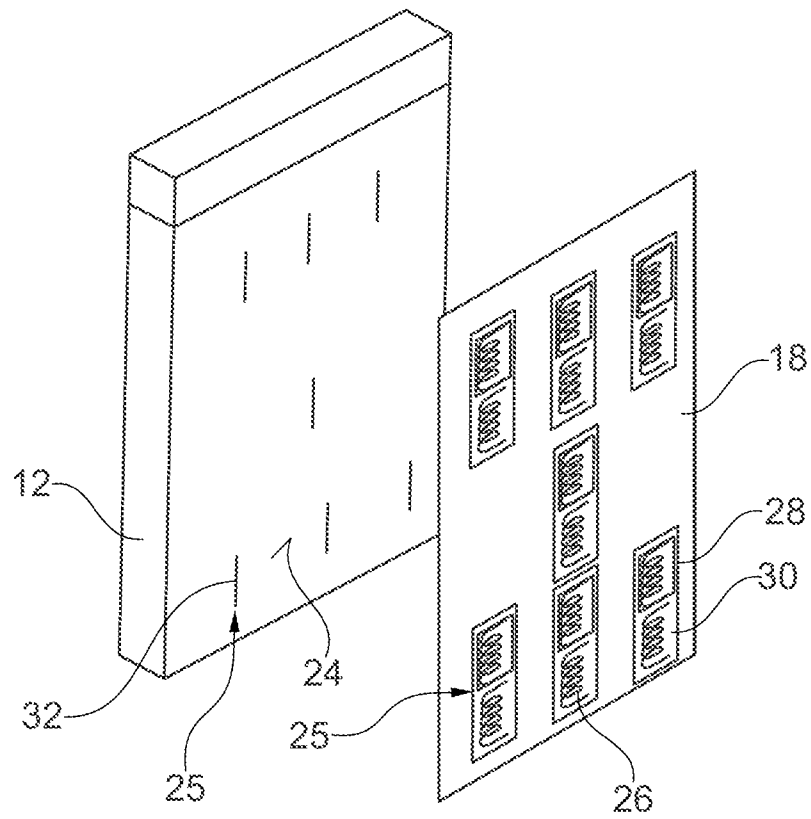


Fig. 2

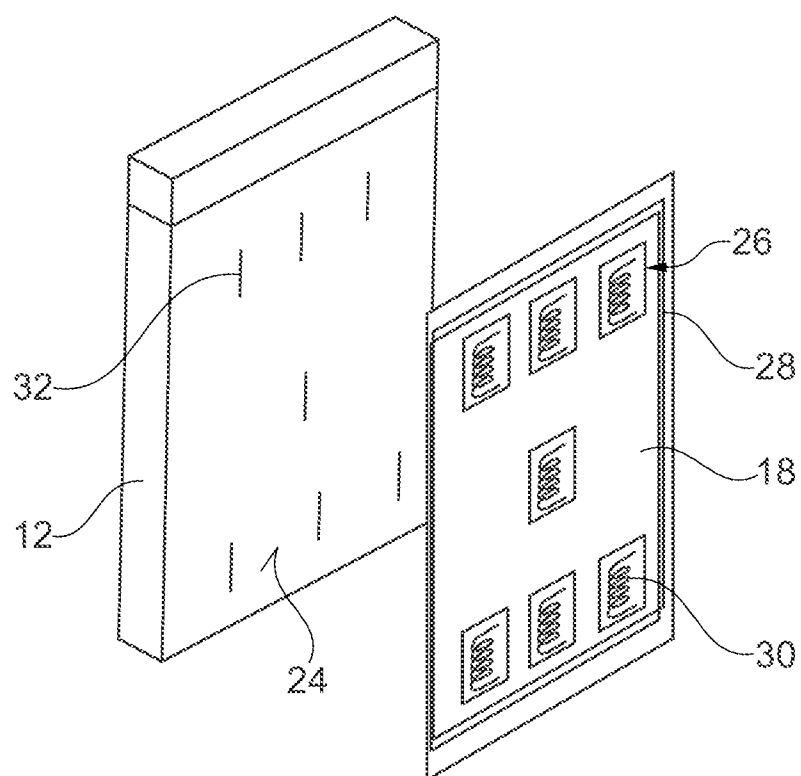


Fig. 3

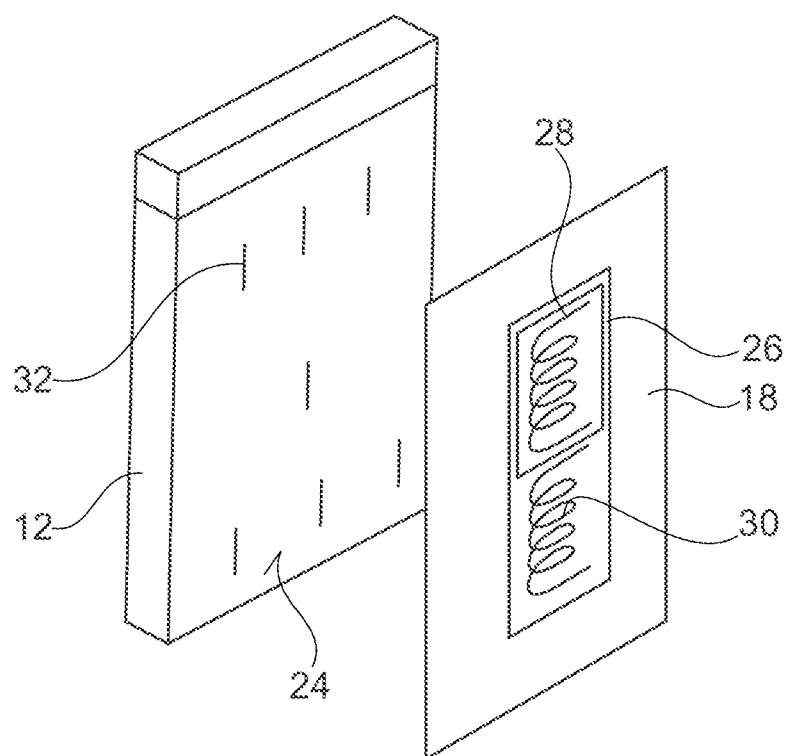


Fig. 4

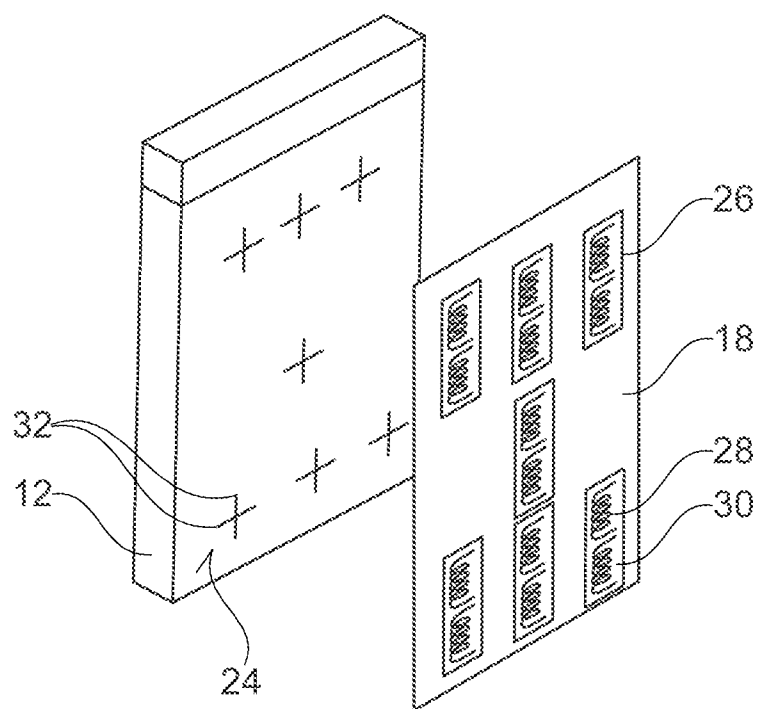


Fig. 5

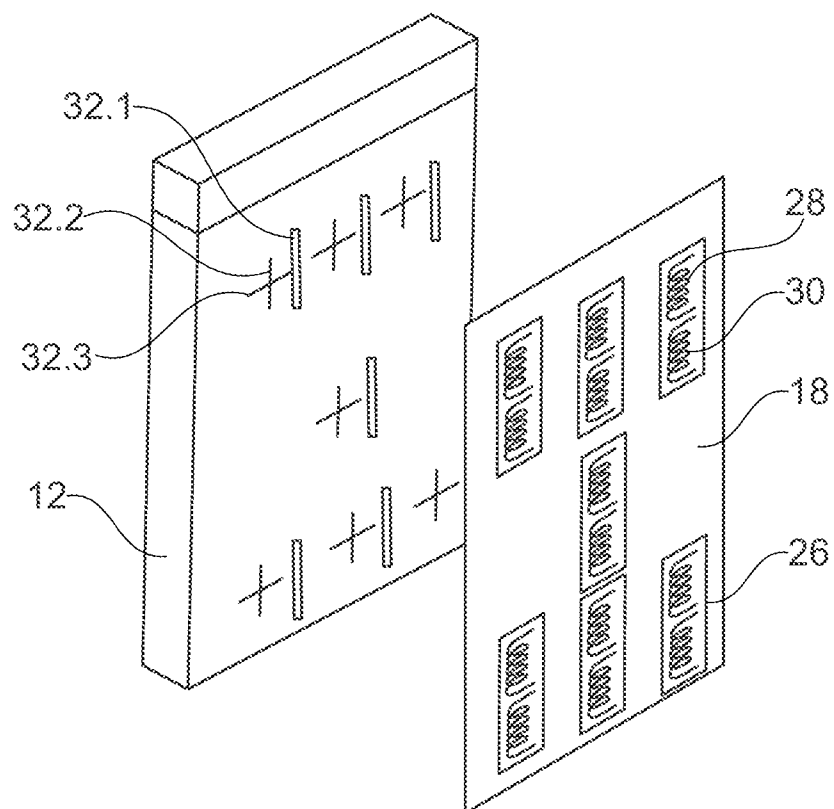


Fig. 6