

Vorrichtung zur elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle bei der Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle und Verfahren zur Messung elektrischer Kenndaten einer Solarzelle

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle bei der Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle und ein Verfahren zur Messung elektrischer Kenndaten einer Solarzelle. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Messung der elektrischen Kenndaten der Solarzelle, wobei die Solarzelle mit einer Vielzahl  
10 von Fingerelektroden auf einer Solarzellenoberfläche ausgebildet ist, aber keinen Busbar aufweist.

- In der US2007/0068567A1 ist eine Vorrichtung zur elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle bei der Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle  
15 beschrieben, die zwei Messleisten aufweist, die sich zwischen zwei Messleisten-Endabschnitten in einer Messleisten-Erstreckungsrichtung erstrecken, wobei jede Messleiste mindestens einen Kontaktanschluss zur elektrischen Kontaktierung mit einer Solarzellentestvorrichtung aufweist. Die Vorrichtung weist ferner eine Mehrzahl Kontaktfederabschnitte auf, die entlang der  
20 Messleisten-Erstreckungsrichtung an jeder Messleiste angeordnet sind, wobei jeder Kontaktfederabschnitt ausgebildet ist, beim Aufsetzen der Messleiste auf die Solarzellenoberfläche, mit der Messleisten-Erstreckungsrichtung quer zu den Fingerelektroden orientiert mindestens eine Fingerelektrode durch einen federelastischen mechanischen Kontakt elektrisch zu kontaktieren. Zur  
25 Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle wird die Solarzelle in der Vorrichtung gehalten, wobei die Kontaktfederabschnitte auf die Fingerelektroden der Solarzelle gedrückt werden. Die Solarzellenoberfläche wird Licht ausgesetzt, so dass der generierte Photostrom durch die Fingerelektroden der Solarzelle fließt, welcher über die in elektrischem  
30 Kontakt mit den Fingerelektroden stehenden Kontaktfederabschnitte und die Messleisten gesammelt und vermessen wird. Die Kontaktfederabschnitte sind als langgestreckte elastische Elemente, beispielsweise als flexibles Metalldraht-Maschenmaterial oder als metallische hohlzylinderförmige

- 2 -

Elemente ausgebildet. Ein Problem dieser aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung besteht darin, dass die Messleisten die Solarzellenoberfläche quer zu ihrer Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet relativ breit abschatten. Die dadurch generierte Abschattung der Messleisten ist oftmals deutlich größer als die durch Zellverbinder im Solarmodul generierte Abschattung, so dass die durchgeführte Messung wenig realitätsnah ist. An den Übergängen zwischen Kontaktfederabschnitten und Messleiste können aufgrund elektrochemisch unterschiedlicher Werkstoffe zusätzliche Kontaktwiderstände und/oder Kontaktpotentiale auftreten, die die Messergebnisse beeinflussen. Zudem besteht weiterhin Bedarf an einer gleichzeitig kostengünstigeren Lösung für eine verbesserte Vorrichtung und ein damit durchgeführtes optimiertes Messverfahren.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle bei der Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle und ein Verfahren zur Messung elektrischer Kenndaten einer Solarzelle bereitzustellen, die eine realitätsnähere Messung ermöglicht und gleichzeitig kostengünstiger.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Modifikationen sind Gegenstände der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Messleiste und die Kontaktfederabschnitte aus dem gleichen Werkstoff und einstückig ausgebildet sind, wobei jeder Kontaktfederabschnitt quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet schlaufenförmig oder hakenförmig ausgebildet ist und dass der Messrahmen eine mechanische Zugvorrichtung aufweist, in der die Messleiste unter Zugspannung zwischen den einander gegenüber liegenden Rahmenkantenstreben eingespannt ist.

- 3 -

Durch die einstückige Ausbildung der Messleiste und der Kontaktfederabschnitte sind die Messleiste und die Kontaktfederabschnitte mechanisch stabil miteinander verbunden und durch das Einspannen der Messleiste in der Zugvorrichtung unter Zugspannung wird eine mechanische Stabilität der Messleiste insbesondere beim Aufdrücken auf die Solarzellenoberfläche gewährleistet. Der Messrahmen ist bevorzugt an eine Form, Gestalt und Abmessungen üblicher Wafer-Solarzellentypen angepasst.

Weiterhin ist durch den einstückigen Aufbau von Messleiste und Kontaktfederabschnitten ein elektrisch niederohmiger Übergang zwischen diesen beiden strukturellen Abschnitten der Messleiste gewährleistet. Gleichzeitig lassen sich die Kontaktfederabschnitte materialabhängig vom zum Einsatz kommenden Werkstoff elastisch verformen. Die Befestigung der Kontaktfederabschnitte an der Messleiste weist in dieser Ausgestaltung keine mechanischen Schwachstellen wie beispielsweise eine Löt-, Klemm-, Klebe- oder Schweißverbindung auf. Dadurch ist die Vorrichtung weniger schaden- und reparaturanfällig, da die Wahrscheinlichkeit geringer ist, dass sich Kontaktfederabschnitte von der Messleiste durch intensiven Gebrauch und/oder falsche Handhabung ablösen. Zudem ist die Messleiste samt Kontaktfederabschnitten kostengünstig herstellbar, da nicht mehrere Bauteile, sondern lediglich ein Bauteil benötigt werden. Zudem lässt sich die Messleiste mit den schlaufen- oder hakenförmige ausgebildeten Kontaktfederabschnitten quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet deutlich schmaler ausbilden. Auf diese Weise wird die Abschattung beim Messvorgang derart reduziert, dass eine an die realen Abmessungen eines Solarzellenstrings im Solarmodul angepasste Messung vorgenommen werden kann.

Jeder Kontaktfederabschnitt ist quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet schlaufenförmig oder hakenförmig ausgebildet. Der Kontaktfederabschnitt weist bevorzugt einen Federteil und einen Kontaktteil auf. Der Federteil ist an der unteren Kante der Messleiste angeordnet, wobei sich der Federteil senkrecht oder im Wesentlichen senkrecht zur Messleisten-Erstreckungsrichtung ausgehend von der unteren Kante der Messleiste

- 4 -

erstreckt. Die geometrisch-strukturelle Ausgestaltung des Federteils bestimmt die Federkraft, die notwendig ist, um den an den Federteil einstückig anschließenden Kontaktteil bei der Bewegung in eine Kontaktierposition elastisch zu verformen, in der der Kontaktfederabschnitt beim Aufsetzen der

5 Messleiste auf die Solarzellenoberfläche mindestens eine Fingerelektrode durch einen federelastischen mechanischen Kontakt elektrisch kontaktiert. Die Geometrie des Kontaktteils des Kontaktfederabschnittes bestimmt die elektrische Kontaktfläche und hat ebenso Einfluss auf die für die elastische Verformung des Kontaktfederabschnittes notwendige Federkraft. Der

10 Kontaktteil ist so ausgestaltet, dass beim Aufsetzen der Messleiste auf die Solarzellenoberfläche durch die Summe der elektrischen Kontaktflächen aller Kontaktfederabschnitte sämtliche Fingerelektroden der Solarzelle durch die Mehrzahl der Kontaktfederabschnitte elektrisch kontaktiert sind. Die frei gestaltbare, schlaufenförmige oder hakenförmige einstückige Ausbildung der

15 Kontaktfederabschnitte ermöglicht die Kontaktierung aller Fingerelektroden mit einer ausreichenden Federkraft.

Der Federteil erstreckt sich bevorzugt von der unteren Kante der Messleiste winkelig, abgerundet gebogen, geschwungen oder eckig gekrümmt. Der

20 Kontaktteil ist überwiegend bevorzugt parallel oder im Wesentlichen parallel zur Messleisten-Erstreckungsrichtung ausgebildet. Wenn der Kontaktteil an einem einzigen Federteil angeordnet ist, ist der Kontaktfederabschnitt hakenförmig ausgebildet, weil der Kontaktteil an seinem einen Ende über den Federteil an der Unterkante der Messleiste befestigt ist. Das andere Ende des

25 Kontaktteils hängt frei. Der Kontaktteil kann alternativ über zwei Federteile mit der unteren Kante der Messleiste verbunden sein. Der Kontaktfederabschnitt ist dann schlaufenförmig ausgebildet, so dass zwischen dem Kontaktteil und der unteren Kante der Messleiste eine Öffnung im Material der Messleiste ausgebildet ist und der Kontaktfederabschnitt eine um diese

30 Öffnung im Material der Messleiste herum reichende elastisch verformbare Schlaufe bildet. Dieser strukturell symmetrische Aufbau bietet den Vorteil eines gleichmäßigen Krafteintrags über den Kontaktteil auf die zu kontaktierenden Elektrodenfinger.

- Der Werkstoff der Messleiste und daran angeordneten Kontaktfederabschnitten ist bevorzugt ein elektrischer leitfähiges Material bevorzugt ein Metall oder eine Metalllegierung. Das Metall oder die Metalllegierung ist bevorzugt
- 5 korrosionsbeständig und weist eine gute elektrische Leitfähigkeit auf. Bei der Messleiste handelt es sich bevorzugt um ein Metallblech, aus dem die einstückig mit der Messleiste ausgebildeten Kontaktfederabschnitte in Form von Drähten herausgeschnitten und/oder herausgestanzt sind. Der Werkstoff ist bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Kupfer und
- 10 Kupferlegierungen wie Cu, CuBe<sub>2</sub>, CuZn<sub>37</sub> und CuSn<sub>6</sub>. Das Elastizitätsmodul des Werkstoffs liegt bevorzugt im Bereich von 70000-210000 N/mm<sup>2</sup>, gemessen nach DIN EN ISO 6892-1:2017-02. Des Weiteren weist der Werkstoff bevorzugt eine Streckgrenze im Bereich von 140 - 1500 N/mm<sup>2</sup> auf, gemessen nach DIN EN ISO 6892-1:2017-02. Das Elastizitätsmodul und die Streckgrenze bestimmen
- 15 die Federkraft und den maximalen Federweg der Kontaktfederabschnitte.

- In einer bevorzugten Ausführungsform ist jede Messleiste als ein Metallblech mit einer Dicke im Bereich von 0,2 bis 1,5 mm, bevorzugt 0,3 bis 1,0 mm, bevorzugter 0,4 bis 0,7 mm ausgebildet. Damit ergibt sich eine deutlich
- 20 geringere optische Abschattung der Solarzellenoberfläche beim Vermessen elektrischen Kenndaten einer Solarzelle.

- Bevorzugt sind die Kontaktfederabschnitte als drahtartige Elemente periodisch entlang der Messleisten-Erstreckungsrichtung entlang einer unteren Kante der
- 25 Messleiste angeordnet. Dadurch wird weiterhin sichergestellt, dass die Kontaktfederabschnitte alle Fingerelektroden der auszulesenden Solarzelle beim Aufsetzen der Kontaktfederabschnitte auf die Solarzellenoberfläche kontaktieren.

- 30 Der Messrahmen weist weiterhin mit Vorteil eine Einstellvorrichtung auf, mittels der die Messleiste in ihrer Höhe und ihrer Anordnung entlang der Rahmenkantenstreben verstellt werden kann. Beispielsweise weisen die Rahmenkantenstreben und/oder ein daran befestigtes Bauteil schlitzförmige

- 6 -

Aussparungen auf, in denen das Bauteil, ein weiteres Bauteil und/oder Einstellschrauben verschiebbar angeordnet sind.

Bevorzugt weist die Vorrichtung mindestens zwei Messleisten auf, die mit ihren  
5 Messleisten-Erstreckungsrichtungen parallel zueinander angeordnet sind, wobei  
die mindestens zwei Messleisten als eine Kombinations-Messleiste in die  
Zugvorrichtung eingespannt sind. D.h., die mindestens zwei Messleisten sind zu  
einer kombinierten Messleiste zusammengefasst. Die beiden Messleisten sind in  
einer Ausführungsform zueinander elektrisch isoliert angeordnet. Die  
10 elektrische Isolierung ist beispielsweise durch eine elektrisch hinreichend  
isolierende Folie oder durch Papier realisiert, die oder das jeweils zwischen  
den mindestens zwei Messleisten flächig angeordnet ist. Noch bevorzugter  
weist die Vorrichtung mindestens drei Messleisten auf, die mit ihren  
Messleisten-Erstreckungsrichtungen parallel zueinander angeordnet und  
15 gegeneinander elektrisch isoliert sind, wobei die drei Messleisten als eine  
Kombinations-Messleiste in die Zugvorrichtung eingespannt sind. Dadurch lässt  
sich insbesondere die in der Solarzellen-Charakterisierung übliche 4-Leiter-  
Messtechnik zum Auslesen der elektrischen Kenndaten der Solarzelle  
realisieren.

20 Unter dem Ausdruck „4-Leiter-Messtechnik“ ist eine 4-Punkt-Kontaktierung zu  
verstehen. Diese Messtechnik wird üblicherweise zur Messung kleiner  
Widerstände verwendet, um den Widerstand der Zuleitungen zu eliminieren.  
Damit kann eine separate Messung von Strom (I) und Spannung (U) erfolgen.  
25 Zur Messung sind die Messleisten gegeneinander elektrisch isoliert und als eine  
Kombinations-Messleiste in eine Zugvorrichtung eingespannt. Im Falle von drei  
Messleisten können beispielsweise die zwei äußeren Messleisten für die  
Stromabfuhr zuständig sein, wobei sie derart versetzt eingespannt sind, dass  
quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet die  
30 Kontaktfederabschnitte nicht fluchtend, sondern versetzt zueinander  
angeordnet sind. Dadurch wird eine redundante elektrische Kontaktfläche auf  
der Solarzellenoberfläche realisiert. Die sich zwischen den beiden äußeren  
Strom-Messleisten befindende innere Messleiste wird zur Messung der Spannung

- 7 -

genutzt. Damit wird eine IUI-Messgeometrie bereitgestellt, mit der Messfehler in der 4-Leiter-Messtechnik reduziert werden können. Neben dieser beispielhaften Schilderung der Bereitstellung der IUI-Messgeometrie können bei Verwendung der mindestens drei Messleisten analog auch andere bevorzugte

5 Messgeometrien wie IIU, IUIU, IUIUI bereitgestellt werden. Durch diese Messgeometrien können Messfehler weiterhin reduziert werden.

Wie vorangehend beschrieben weisen zwei der parallel eingespannten Messleisten senkrecht zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet

10 bevorzugt zueinander versetzt angeordnete Kontaktfederabschnitte auf. Damit wird sichergestellt, dass die Summe der Kontaktfederabschnitte alle Fingerelektroden der auszulesenden Solarzelle beim Aufsetzen der Kontaktfederabschnitte auf die Solarzellenoberfläche gut kontaktieren und nicht einige Fingerelektroden in Bereichen zwischen zwei

15 Kontaktfederabschnitten nicht oder nicht hinreichend elektrisch kontaktiert sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Kontaktfederabschnitte aus der Messleiste lasergeschnitten und/oder ausgestanzt. D.h., die Messleiste samt

20 der Kontaktfederabschnitte ist aus einem Metallblech direkt herstellbar. Dadurch wird eine kostengünstige Herstellung der Messleisten und damit der Vorrichtung erzielt. Zudem sind maßgeschneiderte Designs der Kontaktfederabschnitte in Hinsicht auf strukturelle Geometrie von Federteil und Kontaktteil und die realisierte elastische Federkraft mittels

25 Laserschneidens einfach und vergleichsweise kostengünstig zu fertigen.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Messung elektrischer Kenndaten einer Solarzelle, aufweisend folgende Schritte:

- Bereitstellen einer Vorrichtung gemäß einer oder mehreren der vorangehend

30 beschriebenen Ausführungsformen mit einer Mehrzahl von Messleisten,

- Bereitstellen einer zu vermessenden Solarzelle mit einer Solarzellenoberfläche und auf der Solarzellenoberfläche angeordneter Fingerelektroden und Bereitstellen einer Solarzellentestvorrichtung,

- 8 -

- mechanisches Kontaktieren der Fingerelektroden auf der Solarzellenoberfläche mit den Kontaktfederabschnitten der Messleisten,
- Aussenden eines Lichtblitzes auf die Solarzellenoberfläche,
- Abgreifen eines durch den Lichtblitz generierten, durch die Fingerelektroden
- 5 fließenden elektrischen Stroms mittels der Kontaktfederabschnitte der einen Messleiste und
- Abgreifen einer elektrischen Spannung als Messsignal über die Kontaktfederabschnitte der anderen Messleiste, und
- Vermessen und Auswerten des abgegriffenen elektrischen Stroms und
- 10 Vermessen der abgegriffenen elektrischen Spannung mittels der Solarzellentestvorrichtung.

Zu der Vorrichtung gemachte Ausführungen und/oder beschriebene Vorteile gelten für das Verfahren entsprechend und umgekehrt.

15

- Bevorzugt werden eine Anzahl der Messleisten und deren Positionierung auf der Solarzellenoberfläche der zu vermessenden Solarzelle derart gewählt, dass die Anzahl und die Position der Messleisten Anzahl und Position von Zellverbindern zwischen zwei zu einem Solarzellenstring zu verschaltenden Solarzellen in
- 20 einem Solarmodul entsprechen. Dadurch können die Messleisten die Zellverbinder und deren generierte Abschattung simulieren. Dadurch wird eine Vermessung und Auswertung der elektrischen Kenndaten der Solarzelle ermöglicht, die der Einbausituation in einem Solarmodul weitgehend entspricht.

25

- In einer weiterhin bevorzugten Ausführungsform wird die Dicke der Messleisten quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung betrachtet der Dicke der Zellverbinder entsprechend ausgewählt, die in einem Solarmodul zum Einsatz kommen, das aufgebaut werden soll aus einer Mehrzahl der zu vermessenden
- 30 Solarzellen, die in diesem Solarmodul zu einem Solarzellenstring verschaltet werden. Dadurch werden eine noch realitätsnähere Vermessung und Auswertung der elektrischen Kenndaten der Solarzelle ermöglicht.

- Bevorzugt ist jede Messleiste als Kombinations-Messleiste aus mindestens drei gegeneinander elektrisch isolierten Messleisten ausgebildet, die parallel zueinander angeordnet sind, wobei mindestens zwei der Messleisten zur Messung des durch den Lichtblitz generierten, durch die Fingerelektroden fließenden elektrischen Stroms genutzt werden und mindestens eine der Messleisten zur Messung der durch den Lichtblitz generierten elektrischen Spannung genutzt wird. Hierdurch wird die vorstehend beschriebene 4-Leiter-Messung samt ihren vorstehend beschriebenen Vorteilen realisiert.
- 10 Verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen rein schematisch dargestellt und werden nachfolgend näher beschrieben. Es zeigt schematisch und nicht maßstabsgerecht
- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und
- 15 Fig. 2a bis 2e jeweils eine Draufsicht auf unterschiedliche Ausführungsformen von Messleisten und Kombinations-Messleisten.
- 20 Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur elektrischen Kontaktierung einer Solarzelle (nicht gezeigt) bei der Messung elektrischer Kenndaten der Solarzelle, die eine Vielzahl von Fingerelektroden auf einer Solarzellenoberfläche aufweist. Die Vorrichtung weist eine Messleiste 1 auf. Die Messleiste 1 erstreckt sich zwischen zwei Messleisten-Endabschnitten entlang einer Messleisten-Erstreckungsrichtung E. Die Messleiste 1 weist mindestens einen Kontaktanschluss (nicht gezeigt) zur elektrischen Kontaktierung mit einer Solarzellentestvorrichtung (nicht gezeigt) auf.
- 25 Die Vorrichtung weist weiterhin einen Messrahmen 3 mit einander gegenüber liegenden Rahmenkantenstreben 33 auf, der mit den Rahmenkantenstreben 33 eine Fläche größer gleich einer zu vermessenden Solarzelle (nicht gezeigt) umgreift. Der Messrahmen 3 weist eine mechanische Zugvorrichtung 31 auf, in der die Messleiste 1 unter Zugspannung zwischen einander gegenüber liegenden
- 30

Rahmenkantenstreben 33 eingespannt sind. Dazu weist die mechanische Zugvorrichtung 31 eine Einspannvorrichtung auf, in der die Messleiste 1 eingespannt ist. Der Messrahmen 3 weist ferner eine Einstellvorrichtung 35 mit Einstellschrauben 34 auf, mittels denen sich weiterhin insbesondere eine

5 Höheneinstellung der Messleiste 1 in Bezug zu den Rahmenkantenstreben 33 in dem Messrahmen 3 einstellen lassen. Die Einstellvorrichtung 35 und die Einstellschrauben 34 sind dazu in schlitzförmigen Langlöchern 32 verschiebbar.

Eine Mehrzahl von Kontaktfederabschnitten 2 ist entlang der Messleisten-

10 Erstreckungsrichtung E an der unteren Kante der Messleiste 1 angeordnet. Dies ist in den Figuren 2a bis 2e im Detail gezeigt. Jeder Kontaktfederabschnitt ist 2 ausgebildet, beim Aufsetzen der Messleiste 1 auf die Solarzellenoberfläche, mit der Messleisten-Erstreckungsrichtung E quer zu den Fingerelektroden orientiert mindestens eine Fingerelektrode durch einen federelastischen mechanischen

15 Kontakt elektrisch zu kontaktieren. Die Messleiste 1 ist mit den Kontaktfederabschnitten 2 aus dem gleichen Werkstoff ausgebildet und die Messleiste 1 ist mit den an ihrer Unterkante angeordneten Kontaktfederabschnitten 1 einstückig ausgebildet. Jeder Kontaktfederabschnitt 2 ist quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung E betrachtet schlaufenförmig

20 oder hakenförmig ausgebildet.

Bei Betrieb der Vorrichtung wird die zu vermessende Solarzelle (nicht gezeigt) mit einer Solarzellenoberfläche und auf der Solarzellenoberfläche angeordneten Fingerelektroden bereitgestellt und eine

25 Solarzellentestvorrichtung (nicht gezeigt) bereitgestellt, die mit der Messleiste 1 verbunden ist. Die Fingerelektroden auf der Solarzellenoberfläche werden mit den Kontaktfederabschnitten 2 der Messleiste 1 kontaktiert. Ein Lichtblitz wird auf die Solarzellenoberfläche ausgesendet. Ein durch den Lichtblitz generierten, durch die Fingerelektroden fließender elektrischer Strom wird

30 mittels der Kontaktfederabschnitte 2 der einen Messleiste 1 abgegriffen und eine elektrische Spannung wird als Messsignal über die Kontaktfederabschnitte 2 einer weiteren Messleiste (nicht gezeigt) abgegriffen. Der abgegriffene

elektrische Strom und die abgegriffene elektrische Spannung werden mittels der Solarzellentestvorrichtung vermessen und ausgewertet.

Fig. 2a bis 2e zeigen jeweils eine Draufsicht auf unterschiedliche  
5 Ausführungsformen von Messleisten und Kombinations-Messleisten, die in der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung einsetzbar sind.

Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf eine Messleiste quer zur Messleisten-  
Erstreckungsrichtung E betrachtet. Die Messleiste 1 weist zwei Fixieröffnungen  
10 11 auf. Mittels der Fixieröffnungen 11 kann die Messleiste 1 in der in Fig. 1 gezeigten mechanischen Zugvorrichtung 31 fixiert werden. Die Messleiste 1 weist die Mehrzahl an Kontaktfederabschnitten 2 auf, die als drahtartige Elemente periodisch entlang der Messleisten-Erstreckungsrichtung E entlang der unteren Kante der Messleiste 1 benachbart zueinander angeordnet sind.  
15 Jeder Kontaktfederabschnitt 2 weist zwei Federteile 22 auf, die ausgehend von der unteren Kante der Messleiste 1 quer zu ihr angeordnet sind und die durch einen Kontaktteil 21 miteinander verbunden sind. Dadurch ist jeder Kontaktfederabschnitt 2 quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung E betrachtet schlaufenförmig ausgebildet.

20 Fig. 2b zeigt eine Draufsicht auf eine Kombinations-Messleiste, gebildet aus zwei Messleisten 1 gemäß Figur 2a. Zwei identische Messleisten 1 sind entlang ihrer Messleisten-Erstreckungsrichtungen E parallel zueinander jedoch derart versetzt angeordnet, dass die Kontaktfederabschnitte 2 nicht bündig fluchtend,  
25 sondern versetzt zueinander angeordnet sind. Die beiden Messleisten 1 können gegeneinander elektrisch isoliert montiert sein.

Fig. 2c zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer Messleiste quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung E betrachtet. Die in Fig. 2c gezeigte  
30 Messleiste 1 entspricht der in Fig. 2a gezeigten Messleiste mit dem Unterschied, dass jeder Kontaktfederabschnitt 2 quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung E betrachtet hakenförmig und nicht schlaufenförmig ausgebildet ist. Jeder Kontaktfederabschnitt 2 weist nur einen einzigen

Federteil 22 auf, das mit jeweils einem sich von der unteren Kante der Messleiste erstreckenden Kontaktteil 21 verbunden ist.

5 Fig. 2d zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Kombinations-Messleiste gebildet aus zwei Messleisten 1 gemäß Figur 2a. Zwei identische Messleisten 1 sind entlang ihrer Messleisten-Erstreckungsrichtungen E parallel zueinander jedoch derart versetzt angeordnet, dass die Kontaktfederabschnitte 2 nicht bündig fluchtend, sondern versetzt zueinander angeordnet sind. Die beiden Messleisten 1 können gegeneinander elektrisch isoliert montiert sein.

10

Fig. 2e zeigt eine Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer Messleiste quer zur Messleisten-Erstreckungsrichtung E betrachtet. Die in Fig. 2e gezeigte Messleiste 1 entspricht der in Fig. 2a gezeigten Messleiste mit dem Unterschied, dass die Kontaktfederabschnitte 2 durch in der unteren Kante der Messleiste angeordnete Schlitzlöcher gebildet sind. Dadurch ist die Schlaufe der schlaufenförmigen Kontaktfederabschnitte 2 wesentlich kleiner als die in Fig. 2a gezeigte Schlaufe.

15

## Bezugszeichenliste:

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| E  | Messleisten-Erstreckungsrichtung |
| 1  | Messleiste                       |
| 11 | Fixieröffnung                    |
| 2  | Kontaktfederabschnitt            |
| 21 | Kontaktteil                      |
| 22 | Federteil                        |
| 3  | Messrahmen                       |
| 31 | mechanische Zugvorrichtung       |
| 32 | Langlöcher                       |
| 33 | Rahmenkantenstrebe               |
| 34 | Einstellschrauben                |
| 35 | Einstellvorrichtung              |