

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2637/88

(51) Int.Cl.⁵ : G01N 3/42

(22) Anmeldetag: 24.10.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1993

(45) Ausgabetag: 25. 7.1994

(56) Entgegenhaltungen:

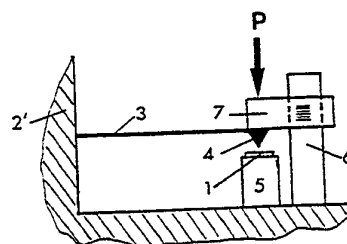
DE-A1 3506437 DE-A1 3000984

(73) Patentinhaber:

BANGERT HERWIG DR.
A-1235 WIEN (AT).
KAMINITSCHEK ALFRED DIPL.ING.
A-1160 WIEN (AT).
WAGENDRISTEL ALFRED DIPL.ING. DR.
A-2380 PERCHTOLDSDORF, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) MESSEINRICHTUNG

(57) Die Erfindung betrifft Meßeinrichtungen für den Weg bzw. die Eindringtiefe eines Indenters (4) der von Federeinrichtungen getragen ist, wobei die Federeinrichtung (3) mit dem Indenter (4) mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe (1) annäherbar bzw. gegen diese drückbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß eine bezüglich der Probe (1) ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (6) vorgesehen ist, daß eine weitere, mit dem Indenter (4), dessen Träger oder einem bezüglich des Indenters (4) ortsinvarianten Teil der Federeinrichtung verbundene, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (7) vorgesehen ist, daß beide, vorzugsweise als Gitter ausgebildete, Einrichtungen (6, 7) sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle (8) beleuchtbar sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den von beiden Einrichtungen (6, 7) veränderten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit (10) angeschlossen ist, in der aus den Änderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen (6, 7) der zurückgelegte Weg des Indenters (4) bestimmbar ist.



Die Erfindung liegt allgemein auf dem Gebiet der Meßeinrichtungen für die Werkstoffprüfung, insbesondere für die Prüfung der Mikrohärte, Ultramikrohärte, Durchführung von Ritztests usw.; derartige Meßeinrichtungen dienen insbesondere zur Messung der Wegstrecke bzw. Eindringtiefe der Prüfkörper und/oder zur Messung der aufgetragenen Kraft, wobei der Weg eines Indenters und/oder die Kraftbeaufschlagung des Indenters während des Eindringens mit größtmöglicher Genauigkeit gemessen werden und aus diesen Werten die Härte bestimmt wird. Meßeinrichtungen dieser Art sind z.B. aus der DE-A1 35 06 437 und der DE-A1 30 00 984 bekannt; diese Meßeinrichtungen genügen jedoch nicht höchsten Genauigkeitsansprüchen. Ziel der Erfindung ist es, Meßeinrichtungen zu erstellen, mit denen die Eindringtiefe und/oder die aufgetragene Kraft möglichst genau gemessen werden können.

Im folgenden werden Meßeinrichtungen angeführt, mit denen diese Ziele erreichbar sind.

Eine erste Art einer Meßeinrichtung für den Weg bzw. die Eindringtiefe eines Prüfkörpers bzw. Indenters, insbesondere für (Ultra)Mikrohärteprüfungen, welcher Indenter direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Träger oder Federeinrichtungen von einem biegesteifen Stab oder Träger getragen ist, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß der Stab mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese drückbar ist, daß eine bezüglich der Probe ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung vorgesehen ist, daß eine weitere, mit dem Indenter oder dem Stab verbundene, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung vorgesehen ist, daß beide, vorzugsweise als Gitter ausgebildete, Einrichtungen sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle beleuchtet sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung für den durch beide Einrichtungen veränderten bzw. modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, in der aus den Änderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen der zurückgelegte Weg des Indenters bestimmbar ist.

Eine zweite Art einer Meßeinrichtung für den Weg bzw. die Eindringtiefe eines Prüfkörpers bzw. Indenters, insbesondere für (Ultra)Mikrohärteprüfungen, welcher Indenter direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Stab oder Träger von Federeinrichtungen, vorzugsweise Blattfedern, Federrahmen, Doppelfedern oder Federmembranen, getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe annäherbar bzw. gegen diese drückbar ist, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß eine bezüglich der Probe ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung vorgesehen ist, daß eine weitere, mit dem Indenter, dessen Träger oder einem bezüglich des Indenters ortsinvarianten Teil der Federeinrichtung verbundene, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung vorgesehen ist, daß beide, vorzugsweise als Gitter ausgebildete, Einrichtungen sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle beleuchtet sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung für den von beiden Einrichtungen veränderten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, in der aus den Änderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen der zurückgelegte Weg des Indenters bestimmbar ist.

Eine dritte Art einer Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei (Ultra)Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von Federeinrichtungen getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist, von der bzw. mit der ein erster biegesteifer Stab, vorzugsweise ein Spulenkern, getragen bzw. verbunden ist, der vom Kraftgeber, vorzugsweise einer Induktionsspule, belastbar ist, daß vom Stab im wesentlichen parallel verlaufende, vorzugsweise die Federeinheit fortsetzende Federn, vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem weiteren biegesteifen Stab verbunden sind, der den Indenter trägt, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß an dem ersten biegesteifen Stab eine einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung befestigt ist, daß vom weiteren Stab oder vom Indenter eine weitere, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung getragen ist, daß die beiden vorzugsweise als Gitter ausgebildeten Einrichtungen sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle beleuchtet sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung für den durch die beiden Einrichtungen modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen aufgrund der Verformung der Federn die auf den weiteren Stab bzw. den Indenter aufgetragene Kraft bestimmbar ist.

Eine vierte Art einer Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei (Ultra)Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von Federeinrichtungen getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu

untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist und wobei am Gehäuse der Meßeinrichtung eine, vorzugsweise ein Paar parallel angeordneter, insbesondere kreisförmiger Membranfeder(n) vorgesehen ist, von denen ein erster biegesteifer Stab getragen ist, an dem ein Paar parallel verlaufender Federn befestigt ist, deren freie Enden einen weiteren Stab tragen, der gegebenenfalls
 5 über einen biegesteifen Träger den Indenter trägt, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß ein bezüglich der Probe ortsinvariantes, insbesondere gehäusefestes optisches Gitter vorgesehen ist, daß von einer bezüglich der Probe ortsinvarianten, insbesondere gehäusefest gelagerten Federeinrichtung, vorzugsweise einem Paar parallel verlaufender Federn, ein Auflager, vorzugsweise ein zweiter biegesteifer Stab, getragen ist, das ein mit dem Gitter zusammenwirkendes Gitter trägt, daß am weiteren Stab oder am Träger
 10 oder am Indenter ein Mitnehmer vorgesehen ist, mit dem das Auflager belastbar und verstellbar ist, daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung für den durch die beiden Gitter modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Gitter der vom Indenter zurückgelegte Weg und unter Berücksichtigung der elastischen Charakteristik des Federsystems der auf den
 15 Indenter wirkende Kraftanteil bestimmbar ist und daß zur Feststellung der Durchbiegung der Federn bzw. zur Feststellung der Relativbewegung des ersten biegesteifen Stabes und des weiteren Stabes zur Messung der auf das Auflager wirkenden Kraft Meßeinrichtungen, vorzugsweise auf den Federn angeordnete Dehnmeßstreifen oder von den Stäben getragene optische Gitter, vorgesehen sind.

Eine fünfte Art einer Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei
 20 (Ultra)Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von einer Federeinrichtung getragen ist, und die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist, von der bzw. mit der ein biegesteifer Stab, vorzugsweise ein Spulenkern, getragen bzw. verbunden ist, der vom Kraftgeber, vorzugsweise einer Induktionsspule,
 25 belastbar ist, wobei von diesem Stab im wesentlichen parallel verlaufende, vorzugsweise die Federeinheit fortsetzende Federn, insbesondere Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem weiteren biegesteifen Stab verbunden sind, der den Indenter trägt, und wobei zur Messung der Verbiegung der Federn und damit zur Messung der auf den Indenter aufgebrachten Kraft Meßeinrichtungen, z.B. von den Federn getragene Dehnmeßstreifen, vorgesehen sind, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß ein bezüglich der Probe ortsinvariantes, insbesondere gehäusefestes optisches Gitter vorgesehen ist, das mit einem vom Indenter oder dem weiteren Stab getragenen optischen Gitter zur Wegmes-
 30 sung zusammenwirkt, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung für den durch die beiden Gitter modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Gitter der vom
 35 Indenter zurückgelegte Weg bestimmbar ist.

Eine sechste Art einer Meßeinrichtung zur (Ultra)Mikrohärteprüfung von Proben, bei der ein von einer Federeinrichtung getragener Indenter der zu untersuchenden Probe annäherbar bzw. in diese drückbar ist, wobei der vom Indenter zurückgelegte Weg und die auf ihn aufgebrachte Kraft gemessen und ausgewertet werden, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Federeinrichtung zwei miteinander biegesteif
 40 verbundene Paare von im wesentlichen parallel angeordneten Federn, vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, umfaßt, wobei die einander gegenüberliegenden Enden der Federn jedes Paares jeweils biegesteif, vorzugsweise über starre bzw. biegesteife Stäbe verbunden sind, wobei die einen Enden der beiden Federn des ersten Federpaares bezüglich der Probe ortsinvariant bzw. gehäusefest angeordnet sind und die Kraft auf den biegesteifen Stab am anderen Ende der beiden Federn aufgebracht wird, wobei die
 45 einen Enden der beiden Federn des zweiten, den Indenter tragenden Federpaares mit diesem Stab fest verbunden sind, wobei die anderen Enden der Federn dieses Federpaares über den weiteren biegesteifen Stab verbunden sind, wobei der Indenter, gegebenenfalls über einen biegesteifen Träger, von diesem weiteren Stab getragen ist, daß zur Messung des vom ersten biegesteifen Stab zurückgelegten Weges zumindest eine erste Einrichtung zur Messung der Biegung der Federn und damit der auf den biegesteifen
 50 Stab ausgeübten Kraft vorgesehen ist, daß zur Messung des vom zweiten Paar der Federn getragenen Indenter zurückgelegten Weges und der auf ihn ausgeübten Kraft eine zweite Einrichtung zur Messung der Biegung der Federn und damit des vom Indenter zurückgelegten Weges vorgesehen ist, daß vorzugsweise als erste und zweite Einrichtung zur Messung der Federbiegung zumindest ein von den Federn getragener Dehnmeßstreifen, kapazitive oder induktive Wegmeßeinrichtungen, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende
 55 Einrichtungen, z.B. Schlitze oder Paare von optischen Gittern, vorgesehen sind und daß die beiden Einrichtungen zur Messung der Federbiegung zur Ermittlung des vom ersten biegesteifen Stab und des vom Indenter zurückgelegten Weges und zur Bestimmung der auf den Indenter ausgeübten Kraft unter Zuhilfenahme der Federcharakteristiken an eine Auswerteeinheit angeschlossen sind.

Eine siebente Art einer Meßeinrichtung zur (Ultra)Mikrohärteprüfung von Proben, bei der ein direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Stab oder Träger, von einer Federeinrichtung getragener Indenter der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. in diese drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist und der vom Indenter zurückgelegte Weg und die auf ihn aufgebrachte Kraft gemessen und ausgewertet werden, ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß von der Federeinheit ein biegesteifer Stabträger getragen ist, der vom Kraftgeber belastet ist, daß vom Stabträger zwei im wesentlichen parallel verlaufende Federn, vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem zweiten biegesteifen Stab verbunden sind, daß erste Meßeinheiten zur Bestimmung der Relativbewegung des zweiten Stabes gegenüber dem Stabträger bzw. der Biegung der Federn, vorgesehen sind, daß ein mit ihren einen Enden bezüglich der Probe ortsinvariant befestigtes Paar von in wesentlichen parallelen Federn vorgesehen ist, die vorzugsweise am Probenträger, an der Probe oder am Gehäuse befestigt sind, daß die freien Enden der Federn mit einem dritten biegesteifen Stab verbunden sind, daß der den Indenter tragende dritte Stab vom zweiten Stab gegebenenfalls über einen Auflagekörper mit Kraft beaufschlagbar und verstellbar ist, daß zweite Meßeinheiten zur Feststellung der Biegung der Federn bzw. der Bewegung des Stabes vorgesehen sind, daß vorzugsweise die ersten Meßeinheiten zur Messung der Relativbewegung des zweiten Stabes gegenüber dem dritten Stab bzw. des Stabträgers gegenüber dem zweiten Stab von zumindest einem von den Federn getragenen Dehnmeßstreifen, einer kapazitiven oder induktiven Wegmeßeinrichtung, einer einen Lichtbündelquerschnitt begrenzenden Einrichtung, vorzugsweise einem Schlitz oder einem Paar von optischen Gittern, gebildet sind und daß zur Bestimmung der vom Indenter ausgeübten Kraft durch Messung des vom zweiten Stab auf den dritten Stab zurückgelegten Weges unter Zuhilfenahme der Charakteristik der Federn, die beiden Meßeinheiten an eine Auswerteeinrichtung angeschlossen sind.

Mit den erfindungsgemäßen Meßeinrichtungen ist eine rasche und genaue Messung der gewünschten Parameter, d.h. der Eindringtiefe und/oder der aufgebrachten Kraft und schließlich der Mikrohärte selbst möglich. Abgesehen von diesen Parametern kann noch eine Anzahl weiterer Parameter genauestens gemessen werden, so z.B. die Materialverfestigung im Zuge des Eindringens des Indenters, das Kriechen unter konstanter Last, die Rückverformung des Probenmaterials nach der Entlastung usw.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind der folgenden Beschreibung, den Patentansprüchen und der Zeichnung zu entnehmen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 und 1a Prinzipdarstellungen des der Erfindung zugrundeliegenden Meßprinzips. Figuren 1b, 1c und 1d das erfindungsgemäße Meßprinzip unter Verwendung von Doppelfederbalken, Fig. 1e den Einsatz eines Transmissionsgitters und eines Reflexionsgitter, Figuren 2,3,3a,4,4a,4b und 5 verschiedene Meßeinrichtungen unter Verwendung von Doppelfedern, Fig. 6 und 7 weitere Ausführungsformen erfindungsgemäßer Meßeinrichtungen, Fig. 8 eine Meßeinrichtung in Form eines in ein Mikroskop einsetzbaren Objektivs mit einer Membrandoppelfederanordnung, Fig. 8a verschiedene Mitnehmer, Fig. 8b ein Meßprinzip, Fig. 9 ein mit einer erfindungsgemäßen Meßanordnung aufgenommenes Diagramm, Fig. 10 eine erfindungsgemäße Meßeinrichtung zur Wegmessung und Fig. 11 eine Meßeinrichtung zur Kraftmessung.

Fig.1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Meßeinrichtung. Eine an einem bezüglich der zu untersuchenden Probe 1 ortsinvarianten Bauteil bzw. einem Gehäuse 2' befestigte Feder 3 trägt an ihrem freien Ende einen Eindringkörper bzw. Indenter 4. Die Probe 1 ist auf einem Probenträger 5 angeordnet, mit dem ortsinvariant ein optisches Strichgitter 6 verbunden ist. In einer Ebene parallel zum Gitter 6 ist ein Gitter 7 bewegbar, das mit dem Federbalken 3 im Bereich des Indenters 4 verbunden ist. Die Striche 6',7' (Fig.1a) der beiden Gitter 6,7 verlaufen parallel zueinander und quer zur Bewegungsrichtung des Indenters 4 bzw. quer zur Krafrichtung P. Das der Erfindung zugrunde liegende Meßprinzip unter Verwendung der optischen Gitter 6,7 ist folgendes: Licht einer geeigneten Lichtquelle 8, z.B. einer Leuchtdiode, einem Laser od.dgl., tritt durch die relativ zueinander beweglichen Transmissionsgitter 6 und 7 und erzeugt in einem Lichtsensor 9, z.B. einer Fotodiode, ein Ausgangssignal, das in einer Auswerteeinheit 10 ausgewertet wird. Die Änderungen des den Sensor 9 treffenden Lichtes werden in der Auswerteeinheit 10 zum Weg des Gitters 7 und damit zum Weg des Indenters 4 in Beziehung gesetzt. Ein Teil der Auswerteeinrichtung 10 bzw. mit ihr verbunden ist eine Steuereinrichtung 11, welche einen Kraftgeber 52 ansteuert, mit dem die Kraft P gesteuert auf den verstellbaren bzw. biegsamen Teil der Meßeinrichtung aufgebracht wird. Diese optische Detektion der Relativbewegung zweier Gitter gegeneinander und damit des Weges eines Eindringkörpers relativ zur feststehenden Probe ist äußerst präzise. Eine vergleichbare Ortsauflösung ist bislang in einer so geringen Baugröße nicht erzielt worden.

Als Lichtquelle kann eine Hochleistungsleuchtdiode eingesetzt werden, deren Licht die beiden Gitter 6,7 passiert und von einer Fotodiode detektiert wird. Eines der beiden Gitter 6,7 kann auch als Reflexionsgitter ausgeführt sein (Fig.1e), wobei in diesem Fall sowohl die Lichtquelle 8 als auch der Lichtsensor 9 an der

Seite des Transmissionsgitters 6 angeordnet werden. Sowohl der Sensor 9 als auch die Lichtquelle 8 können bei Verwendung eines Lichtleiters 35 aus der unmittelbaren Umgebung der Gitter 6,7 entfernt werden. Dadurch wird eine weitere Reduzierung der Baugröße der Meßeinrichtung erreicht. Bei der Relativbewegung der Gitter 6,7 wird der Lichtfluß entsprechend der Gitterperiode moduliert, so daß z.B. bei einer Gitterkonstanten von 2000 nm zwischen den Werten minimaler und maximaler Intensität 1000 nm zurückgelegter Wegstrecke liegen (siehe Fig.9).

Erfindungsgemäß sind auch Einrichtungen zur geeigneten Einstellung der Bewegung des Indenters vorgesehen. Ferner können Einrichtungen zur automatischen Annäherung an die Probenoberfläche, zum automatischen Aufsetzen auf dieser, zum Halten des Indenters in der Probe, zum automatischen Reproduzieren einer bereits erfolgten Indenterbewegung usw. vorgesehen sein. Solche Einrichtungen so wie weitere zweckmäßige Einrichtungen, wie z.B. ein Rechner zur Auswertung der Meßsignale, können in der Steuereinrichtung 11 zusammengefaßt sein. Der Rechner kann Eingabeeinheiten enthalten, in die alle Daten für den Prüfvorgang eingespeichert werden können, um den Test dann vollautomatisch durchzuführen.

Üblicherweise wird beim Prüfvorgang die Kraft auf den Indenter so erhöht, daß sich eine konstante Zustellgeschwindigkeit des Indenters ergibt. Damit ist eine eindeutige Zuordnung des zeitlichen Verlaufs der detektierten Lichtintensität zum zurückgelegten Weg während des Eindringvorganges sichergestellt.

Die Federbalken werden mit den zuvor beschriebenen optischen Gittern ausgerüstet, um ihre Verschiebung unter Krafteinfluß aufzuzeichnen und auswerten zu können. In diesem Fall kann mittels der Federcharakteristik die Deformation der Feder zur Kraftmessung herangezogen werden.

Die Härtemessung erfordert die unabhängige Messung von Kraft und Weg beim Eindringen des Indenters 4. Hierzu sind zwei Meßsysteme zu kombinieren. Eine mögliche Ausführungsform wird anhand der Figuren 1b,1c und 1d näher erläutert. Das Gesamtsystem besteht hierbei aus zwei Teilsystemen A und B, wobei die Systeme Paare von Federn 12,12' bzw. 13,13' umfassen. Die Federn 12,12' sind an einem Gehäuse 2 oder am Probenträger 5 ortsinvariant angebracht und über einen biegesteifen Stab bzw. Träger 14 miteinander verbunden. An diesem Stab 14 sind auch die Federn 13,13' befestigt, deren dem Stab 14 abgewandte Enden mittels eines biegesteifen Stabes bzw. Trägers 15 verbunden sind. Der Stab 15 trägt an einem mit ihm biegesteif verbundenen steifen Fortsatz 16 den Indenter 4. Der Indenter 4 könnte auch direkt vom Stab 15 getragen sein, wie mit 4' angedeutet ist.

Mit Sensoren können die Verbiegungen der Federn 12,12' und der Federn 13,13' und damit die Relativbewegung des Stabes 14 gegenüber dem ortsinvarianten Träger 2 und die Relativbewegung des Stabes 15 gegenüber dem Stab 14 bestimmt werden. Diese Sensoren können von Dehnungsmeßstreifen 19, von kapazitiven 17, induktiven oder interferometrischen Wegaufnehmern, von optischen Wegaufnehmern (Gitter 6,7) od.dgl. Einrichtungen gebildet sein. Bevorzugterweise werden hierfür die zuvor beschriebenen optischen Gitter 6,7 herangezogen.

In Fig.1b ist das Gesamtsystem im Ausgangszustand dargestellt. Übt man auf den Stab 14 eine Kraft P aus, so verformen sich die Federn 12,12' und der Stab 14 senkt sich um die Wegstrecke WA1. Der im System A vorgesehene Sensor mißt WA1. Die Kraft P wird solange erhöht, bis der Indenter 4 auf der Probe 1 aufsitzt (Fig.1c), was durch eine Unstetigkeit der Ausgangssignale der Sensoren des Systems A und/oder B erkannt werden kann.

Wird ab diesem Zeitpunkt die Kraft P auf den Stab 14 weiter erhöht, so hat dieser insgesamt eine Strecke WA2 zurückgelegt, wobei jedoch der Stab 15 durch die Probe behindert wird und um den Weg WB zurückbleibt (Fig.1d). Auf der Probe liegt dabei die Prüfkraft L, die auf dem Widerstand der Probe 1 gegen das Eindringen des Indenters 4 beruht. Diese Kraft L wird über die elastische Charakteristik von B mit dem Sensor des Systems B bestimmt. Die Eindringtiefe t ergibt sich aus WB durch Subtraktion von WA1 und WB vom Wert WA2. Äquivalente Ausführungsformen sind in Fig.2, Fig.3 und Fig.4 dargestellt; sie reduzieren die Baugröße.

Im folgenden werden weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung näher beschrieben.

Fig.2 zeigt eine Anordnung, bei der vom Gehäuse 2' oder einem probeinvarianten Träger 2 zwei Federn 12,12', z.B. Blattfedern, Membranfedern, getragen werden, die ihrerseits mit einem biegesteifen Stab 14 fest verbunden sind. Die Bewegungen bzw. der Weg des Stabes 14 gegenüber dem Gehäuse 2' bzw. die Verbiegung der Federn 12,12' kann mit Dehnungsmeßstreifen 19, mit optischen Gittern 6,7 oder anderen Meßeinrichtungen festgestellt werden. Der Stab 14 ist mit einem Stab 14' verlängert, an dem die Federn 13,13' des weiteren Doppelfederbalkens B befestigt sind. Die Enden der Federn 13,13' sind fest mit dem Stab 15 verbunden, der den Indenter 4 trägt. Mit Dehnungsmeßstreifen 19 oder Gittern 6 und 7 kann der Weg des Stabes 15 bzw. des Indenters 4 relativ zum Stab 14' festgestellt und über die Federcharakteristik die vom Indenter ausgeübte Kraft bestimmt werden, wozu die Meßsignale der Auswerteinheit 10 zugeführt werden.

Fig.3 zeigt eine Anordnung, bei der die Federsystemanordnungen A und B parallel zueinander verlaufend

angeordnet sind. Dazu tragen die einseitig gehäusefesten Federn 12 bzw. 12' an ihrem freien Ende einen Stab 14, der z.B. eine Platte ist oder nach Art eines Rahmenträgers (siehe Fig.4b) ausgebildet ist und auch die Federn 13,13' trägt. In Fig.3a ist eine Draufsicht auf die in Fig.3 dargestellte Seitenansicht dieser Meßeinrichtung schematisch dargestellt. Ferner ist schematisch dargestellt, daß die Federn 12,12' bzw. 13,13' Dehnungsmeßstreifen 19 bzw. die Stäbe 14,15 optische Gitter 6,7 tragen (auch kapazitive oder andere Meßeinrichtungen können vorgesehen sein). um die Federverbiegung bzw. die Relativbewegungen der Stäbe 14 und 15 messen zu können.

Fig.4 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der die Federn 12, 12' die Federn 13,13' einschließen. Der Stab 14 ist derart gestaltet, daß er die beiden Federpaare 12, 12' jeweils starr verbindet und gleichzeitig auch das Federpaar 13,13' fest mit ihm verbunden sein kann. Es ist möglich, den Träger 14 als Platte auszubilden oder z.B. als rechteckigen Rahmen zu formen, so wie er in Fig.4b dargestellt ist.

Eine Abwandlung dieses Meßprinzips ist in Fig.5 schematisch dargestellt. In diesem Fall wird mit dem System A die Kraft P bestimmt, die sich in der Folge auf die elastische Reaktion von B (Kraft L) und den Indenter 4 (Prüflast L) aufteilt. System B mißt die Eindringtiefe t direkt; die Prüflast L folgt aus der Differenz von P und L', wobei sich L' aus t über die elastische Konstante von B ergibt. Diese Variante ermöglicht den Einsatz des Systems B zur Eindringtiefmessung als ergänzenden Bauteil zu einem bestehenden Härteprüfgerät (System A). Mit einer Feder 3 ist der steife Träger 62 des Systems A mit dem Gehäuse 2' verbunden; auf den Träger 62 wird eine Kraft P' aufgebracht. Sobald der Auflagekörper 21 am biegeesten Träger 15 des Systems B aufliegt, übt das System A auf System B eine Kraft aus, die mit Meßeinrichtungen (DMS 19, Gitter 6,7 od.dgl.), welche die Relativbewegung von 14 gegen 62 bestimmen, bestimmt wird. Die Federn 13,13' sind an einem gegenüber der Probe 1 ortsinvarianten, z.B. gehäusefesten Träger bzw. direkt am Gehäuse 2' befestigt. Die Bewegung des Stabes 15 wird von weiteren Meßeinrichtungen (DMS 19, Gitter 6,7, od.dgl.) gemessen; gleichzeitig können aus der Relativbewegung zwischen Stab 15 und Träger 2 der vom Indenter 4 zurückgelegte Weg und über die elastische Charakteristik vom System B die auf den Indenter aufgebrachte Last bestimmt werden. In der Auswerteeinheit 10 wird die Härte berechnet. Die Variante in Fig.1 stellt den Spezialfall eines frei parallel geführten Systems B (Federkonstante = 0) dar.

Fig.6 zeigt eine praktische Ausführung des Prinzips von Fig.1. Eine Probe 1 wird von einem Probenträger 5 getragen, der auf einem Gestell 23 ruht, auf dem ein Träger 2 befestigt ist, der eine Feder 26', insbesondere eine Blattfeder, trägt. An der Feder 26' ist ein Eisenkern 25 befestigt, der in eine Spule 24 gezogen werden kann. Die Spule 24 wird von der Steuereinrichtung 10 mit Strom versorgt, um die Feder 26' in vorgegebener Weise in Richtung auf die Probe 1 zu ziehen. Die Feder 26' wird über den Eisenkern 25 hinaus als Doppelfederarm 13,13' (entspricht System A in Fig.5) verlängert und die Doppelfeder trägt an ihrem vorderen mit dem Stab 1 verbundenen Ende den Indenter 4, oberhalb dem ein Gitter 7 befestigt ist, das mit dem bezüglich der Probe 1 ortsinvarianten gehäusefesten Gitter 6 zur Wegmessung zusammenwirkt. Mit den auf den Federn 13, 13' angeordneten Meßsystemen, z.B. Dehnungsmeßstreifen 19, Gitter od.dgl., kann die Biegung der Federn 13,13' gemessen werden, wenn der Indenter 4 an der Probe 1 anliegt bzw. in diese eindringt. Über die elastische Charakteristik der Federn 13,13' kann die aufgebrachte Kraft L ermittelt werden.

Fig.7 zeigt eine Meßeinrichtung, bei der sich das Gitter 7 von dem durchgehenden Doppelfederbalken, der von den Federn 13 und 13' gebildet wird, seitlich erstreckt und sich in einem Bereich seitlich vom Indenter 4 mit dem gestellfesten Gitter 6 überdeckt. Die Federn 13 und 13' bilden einen Federbalken und sind beide an dem Träger 2 befestigt. Dadurch ist eine Abweichung des Indenterweges von einer Normalen zur Probe weitgehend ausgeschaltet.

Fig.8 zeigt eine Meßeinrichtung, bei der der Stab 14 mit Membranfedern bzw. Federmembranen 28,28' im Gehäuse 2' verstellbar gelagert bzw. geführt ist. Die Kraft P wird mit einem Kraftgeber auf den Stab 14 aufgebracht. Am unteren Ende trägt der Stab 14 zur Ermittlung der Prüfkraft L (ähnlich System A in Fig.5) ein Paar von Federn 13,13', deren Verbiegung mit z.B. DMS 19, Gittern 6,7 od.dgl. gemessen wird. Die Federn 13,13' tragen den Stab 15, der über den Träger 16 den Indenter 4 trägt. Der Träger 16 könnte ein Gitter 7 tragen, das mit dem gehäusefesten Gitter 6 zusammenwirkt (ähnlich Fig.7). Gemäß Fig.8 ist jedoch das Gitter 7 von einem Stab 39 getragen, der von bezüglich der Probe ortsinvarianten, z.B. am Gehäuse befestigten Federn 12,12' getragen ist. Mit einem Mitnehmer 41, der am Träger 16, Stab 15, Indenter 4 befestigt sein kann, kann bei Absenken des Indenters der Stab 39 mitgenommen werden und der zurückgelegte Weg mit den Gittern 6,7 gemessen werden. Das Gitter 6 ist probeninvariant, das Gitter 7 ist vom Stab 39 getragen. Der Federrahmen 12,12' mit den Gittern 6,7 ist bezüglich der Probe 1 ortsinvariant, indem er gehäusefest ist. Um die Anordnung leicht justierbar zu machen, kann der Federrahmen 12,12' von einem am Gehäuse 2' befestigbaren, z.B. aufsteckbaren, aufschraubbaren od.dgl. Aufsatz 42 getragen sein. Beim Befestigen des Aufsatzes 42 wird Sorge getragen, daß der Mitnehmer 41 und der Stab 39 ausgerichtet sind. Der Mitnehmer kann verschieden ausgebildet sein; er kann ein Stab, eine Platte, ein

Vorsprung od.dgl. sein, der (die) auf den Stab 39, z.B. ein Auflager, einen Vorsprung, eine Platte od.dgl., die am Stab 39 vorgesehen sind, einwirkt.

In Fig.8a sind einige Ausführungsformen von Mitnehmern dargestellt.

Prinzipiell ist auch eine Ausführungsform (ähnlich Fig. 8) möglich, bei der der Träger 16 bzw. der Stab 15 mit dem Stab 39 starr verbunden bzw. einstückig ausgebildet sind. Man erhält dann eine Meßeinrichtung, die im Prinzip in Fig.8b dargestellt ist.

Doppelfederbalken bieten eine Reihe von Vorteilen hinsichtlich der Bewegungsführung, sodaß es einen Teil der Erfindung darstellt, derartige Doppelfederbalken grundsätzlich auch in Kombination mit anderen Einrichtungen zur Feststellung ihrer Bewegung bzw. Verbiegung einzusetzen, so z.B. mit Dehnungsmeßstreifen, induktiven, kapazitiven oder interferometrischen Meßeinrichtungen od.dgl.

Fig.9 zeigt ein mit der Auswerteeinrichtung 10 aufgenommenes bzw. aufgezeichnetes Diagramm der über der Zeit aufgetragenen Lichtintensität I und der Kraft P. Bei der Annäherung des Indenters 4 an die Probe erfolgt eine Relativbewegung der Gitter 6 und 7, sodaß der Lichtsensor 9 einen zeitlich modulierten Lichtfluß detektiert, entsprechend der gegenseitigen Lage der Strichmuster der Gitter 6,7. Vorteilhafterweise sind die Striche 6',7' und die Zwischenräume zwischen den Strichen bei beiden Gittern 6,7 gleich breit gewählt (Gitterkonstante z.B. 2000 nm). Die Extremwerte des Lichtflusses liegen bei konstanter Zustellgeschwindigkeit zeitlich solange in gleichem Abstand, bis im Punkt X ein Aufsetzen des Indenters auf der Probe 1 erfolgt und die Bewegung des Indenters durch den Widerstand der Probe verlangsamt wird.

In dem Moment, in dem der Indenter 4 die Probe 1 berührt, ändert sich der zeitliche Verlauf des optischen Signals I sprunghaft. Im Punkt X erfolgt eine signifikante Änderung des Anstieges der Tangente an die aufgezeichnete Intensitätskurve. Die Auswerteeinrichtung 10 erkennt dies in entsprechenden Differenzierschaltungen oder anders aufgebauten Schaltungen als Diskontinuität in der Kurve und wertet diese Abweichung von der erwarteten Kurvenform als Aufsetzen des Indenters 4 auf der Probe 1. Bei weiterer Kraftzunahme dringt der Indenter 4 in die Probe 1 ein und die Eindringbewegung verlangsamt sich, wie rechts in Fig.9 zu erkennen ist. Da der Abstand zwischen dem Maximum (MAX) und dem Minimum (MIN) jeweils der Breite eines Striches bzw. eines Zwischenraumes der Gitter 6,7 entspricht, ist auch die permanente Korrelation zwischen dem zurückgelegten Weg des Indenters 4 und der aufgetragenen Kraft P einfach möglich. Neben der einfachen Härtemessung liefert dies auch Informationen über das dynamische Verhalten des Prüflings während des Eindringens. Die Unstetigkeit des Intensitätsverlaufes im Punkt X, der als Aufsetzpunkt des Indenters 4 auf die Probe 1 signifikant ist, ist zur Auswertung wesentlich. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß zur Erkennung des Aufsetzens des Indenters auf der Probe eine Überwachungseinrichtung vorgesehen ist, in der der Intensitätsverlauf des durchgelassenen Lichtes bei kontinuierlich erhöhter Kraftaufbringung auf den Indenter auf Diskontinuitäten bzw. Unstetigkeitsstellen untersucht wird, wobei der Intensitätsverlauf in aufeinanderfolgenden vorgesehenen Intervallen in einem Differenzierglied differenziert wird und die Intensitätsgradienten von aufeinanderfolgenden Intervallen in einer Vergleichseinrichtung verglichen werden und daß eine Überschreitung eines vorgegebenen Unterschieds der Änderungsgeschwindigkeit von I als Aufsetzen des Indenters gewertet wird.

Sobald eine vorgegebene Maximalkraft aufgebracht ist, wird der Indenter 4 entlastet und der Eindringvorgang beendet. Andererseits kann auch eine Haltezeit unter Last erfolgen, um ein Kriechen des Materials bzw. ein dadurch verursachtes weiteres Eindringen des Indenters 4 festzustellen.

In der Auswerteschaltung 10 wird die aufgetragene Kraft ins Verhältnis zur Eindringtiefe gesetzt und daraus die Härte berechnet.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die von der Fotodiode 9 gelieferte Analogspannung in einem Verstärker verstärkt wird und einem 8-Bit-Analog-Digitalwandler zugeführt wird. Die sich ergebenden 256 Digitalwerte, welche dem Ausgangssignal der Fotodiode entsprechen und zwischen der Offset- und Maximalspannung liegen, erlauben eine Wegauflösung, die dem 256. Teil der halben Gitterperiode entsprechen. Durch Verfeinerung der Digitalisierung (z.B. Einsatz eines 16-Bit-A/D-Wandlers) können noch bessere Werte für die Wegauflösung erreicht werden.

Fig. 10 zeigt eine Meßeinrichtung, bei der ein von einem geführten Stab getragener Indenter 4 von einem Kraftgenerator mit einer Kraft P in eine Probe 1 eingedrückt wird. Der Stab 45 trägt das Gitter 7; das Gitter 6 ist ortsinvariant bezüglich der Probe 1. Damit wird eine Einrichtung erstellt, die eine exakte Messung des vom Indenter 4 zurückgelegten Weges zuläßt; die aufgetragene Kraft kann durch entsprechende Kraftsensoren exakt gemessen werden, sodaß die Härte bestimmbar ist.

Fig.11 zeigt eine Meßeinrichtung zur Kraftmessung (ähnlich System A in Fig.5). Ein von einer bezüglich der Probe 1 ortsinvariant gelagerten Feder 3 getragener Stab 14, auf den eine Kraft P aufgebracht wird, trägt ein Federpaar 13,13'. Die freien Enden der Federn sind mit dem Stab 15 verbunden, der den Indenter 4 trägt. Der Stab 14 trägt das Gitter 6, der Stab 15 das Gitter 7; mit den Gittern ist bei Aufsetzen des Indenters 4 auf die Probe 1 die Verbiegung der Federn 13,13' meßbar und bei Kenntnis der Federkonstan-

ten kann die auf den Indenter 4 wirkende Kraft L bestimmt werden.

Der Übersichtlichkeit halber wurden die Lichtquelle, der Lichtsensor, die Auswerteeinheit für die Gitter, DMS usw. nicht mit eingezeichnet, obwohl sie immer zusammen mit den Gittern 6,7, DMS usw. vorhanden sind.

- 5 Bei Ritztests wird vorgegangen wie bei Härtetests, es werden jedoch die Probe und/oder der Eindringkörper senkrecht zur Eindringrichtung relativ zueinander bewegt.

Die einfachste Form einer einem Lichtbündelquerschnitt begrenzenden Einrichtung ist eine beliebig geformte Apertur, z.B. Loch- oder Schlitzblende; jedes Transmissionsgitter kann somit durch einen oder mehrere Schlitz(e) ersetzt werden. Auch der Einsatz eines ein Reflexionsgitter beleuchtenden Lichtleiters
10 (Apertur) ist möglich.

Patentansprüche

1. Meßeinrichtung für den Weg bzw. die Eindringtiefe eines Prüfkörpers bzw. Indenters, insbesondere für
15 (Ultra)Mikrohärteprüfungen, welcher Indenter direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Träger oder Federeinrichtungen von einem biegesteifen Stab oder Träger getragen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stab (45) mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe (1) näherbar bzw. gegen diese drückbar ist, daß eine bezüglich der Probe (1) ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (6) vorgesehen ist, daß eine weitere, mit dem Indenter (4) oder dem Stab (45) verbundene, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende
20 Einrichtung (7) vorgesehen ist, daß beide, vorzugsweise als Gitter ausgebildete, Einrichtungen (6,7) sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle (8) beleuchtet sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den durch beide Einrichtungen (6,7) veränderten bzw. modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit
25 (10) angeschlossen ist, in der aus den Änderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen (6,7) der zurückgelegte Weg des Indenters (4) bestimmbar ist (Fig.10).
2. Meßeinrichtung für den Weg bzw. die Eindringtiefe eines Prüfkörpers bzw. Indenters, insbesondere für
30 (Ultra)Mikrohärteprüfungen, welcher Indenter direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Stab oder Träger von Federeinrichtungen, vorzugsweise Blattfedern, Federrahmen, Doppelfedern oder Federmembranen, getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe annäherbar bzw. gegen diese drückbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine bezüglich der Probe (1) ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (6) vorgesehen ist, daß eine weitere, mit dem Indenter
35 (4), dessen Träger oder einem bezüglich des Indenters (4) ortsinvarianten Teil der Federeinrichtung verbundene, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (7) vorgesehen ist, daß beide, vorzugsweise als Gitter ausgebildete, Einrichtungen (6,7) sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle (8) beleuchtbar sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den von beiden Einrichtungen (6,7) veränderten Lichtfluß
40 vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit (10) angeschlossen ist, in der aus den Änderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen (6,7) der zurückgelegte Weg des Indenters (4) bestimmbar ist (Fig.1).
3. Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei (Ultra)-
45 Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von Federeinrichtungen getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist, von der bzw. mit der ein erster biegesteifer Stab, vorzugsweise ein Spulenkern, getragen bzw. verbunden ist, der vom Kraftgeber, vorzugsweise
50 einer Induktionsspule, belastbar ist, daß vom Stab im wesentlichen parallel verlaufende, vorzugsweise die Federeinheit fortsetzende Federn, vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem weiteren biegesteifen Stab verbunden sind, der den Indenter trägt, **dadurch gekennzeichnet**, daß an dem ersten biegesteifen Stab (14) eine einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (6) befestigt ist, daß vom weiteren Stab (15) oder vom Indenter (4)
55 eine weitere, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (7) getragen ist, daß die beiden vorzugsweise als Gitter ausgebildeten Einrichtungen (6,7) sich überdecken, aneinander vorbeibewegbar sind und von einer Lichtquelle (8) beleuchtbar sind, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den durch die beiden Einrichtungen (6,7) modulierten

Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit (10) angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Einrichtungen (6,7) aufgrund der Verformung der Federn (13,13') die auf den weiteren Stab (15) bzw. den Indenter (4) aufgebrachte Kraft bestimmbar ist (Fig.11).

5

4. Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei (Ultra)-Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von Federeinrichtungen getragen ist, wobei die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist und wobei am Gehäuse der Meßeinrichtung eine, vorzugsweise ein Paar parallel angeordneter, insbesondere kreisförmiger Membranfeder(n) vorgesehen ist, von denen ein erster biegesteifer Stab getragen ist, an dem ein Paar parallel verlaufender Federn befestigt ist, deren freie Enden einen weiteren Stab tragen, der gegebenenfalls über einen biegesteifen Träger den Indenter trägt, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein bezüglich der Probe (1) ortsinvariantes, insbesondere gehäusefestes optisches Gitter (6) vorgesehen ist, daß von einer bezüglich der Probe ortsinvarianten, insbesondere gehäusefest gelagerten Federeinrichtung, vorzugsweise einem Paar parallel verlaufender Federn (12,12'), ein Auflager (39), vorzugsweise ein zweiter biegesteifer Stab, getragen ist, das ein mit dem Gitter (6) zusammenwirkendes Gitter (7) trägt, daß am weiteren Stab (15) oder am Träger (16) oder am Indenter (4) ein Mitnehmer (41) vorgesehen ist, mit dem das Auflager (39) belastbar und verstellbar ist, daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den durch die beiden Gitter (6,7) modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit (10) angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Gitter (6,7) der vom Indenter (4) zurückgelegte Weg und unter Berücksichtigung der elastischen Charakteristik des Federsystems (12,12') der auf den Indenter (4) wirkende Kraftanteil bestimmbar ist und daß zur Feststellung der Durchbiegung der Federn bzw. zur Feststellung der Relativbewegung des ersten biegesteifen Stabes (14) und des weiteren Stabes (15) zur Messung der auf das Auflager (39) wirkenden Kraft Meßeinrichtungen, vorzugsweise auf den Federn (13, 13') angeordnete Dehnmeßstreifen oder von den Stäben (14, 15) getragene optische Gitter (6,7), vorgesehen sind.

30 5. Meßeinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die gehäusefeste Federeinrichtung (12,12') von einem mit dem Gehäuse (2') verbindbaren, vorzugsweise aufsteck- oder aufschraubbaren Aufsatz (42) getragen ist.

35 6. Meßeinrichtung für die auf einen Prüfkörper bzw. Indenter, insbesondere bei (Ultra)-Mikrohärteprüfungen, ausgeübte Kraft, welcher Indenter von einer Federeinrichtung getragen ist, und die Federeinrichtung mit dem Indenter mit einem von einer Steuereinrichtung gesteuerten Kraftgeber der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. gegen diese Probe drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist, von der bzw. mit der ein biegesteifer Stab, vorzugsweise ein Spulenkern, getragen bzw. verbunden ist, der vom Kraftgeber, vorzugsweise einer Induktionsspule, belastbar ist, wobei von diesem Stab im wesentlichen parallel verlaufende, vorzugsweise die Federeinheit fortsetzende Federn, insbesondere Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem weiteren biegesteifen Stab verbunden sind, der den Indenter trägt, und wobei zu Messung der Verbiegung der Federn und damit zur Messung der auf den Indenter aufgetragenen Kraft Meßeinrichtungen, z.B. von den Federn getragene Dehnmeßstreifen, vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein bezüglich der Probe (1) ortsinvariantes, insbesondere gehäusefestes optisches Gitter (6) vorgesehen ist, das mit einem vom Indenter (4) oder dem weiteren Stab (15) getragenen optischen Gitter (7) zur Wegmessung zusammenwirkt, und daß eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den durch die beiden Gitter (6,7) modulierten Lichtfluß vorgesehen ist, welche an eine Auswerteeinheit (10) angeschlossen ist, in der aus den Veränderungen des Lichtflusses infolge der Relativbewegung der beiden Gitter (6,7) der vom Indenter (4) zurückgelegte Weg bestimmbar ist (Fig.6,7).

55 7. Meßeinrichtung zur (Ultra)Mikrohärteprüfung von Proben, bei der ein von einer Federeinrichtung getragener Indenter der zu untersuchenden Probe annäherbar bzw. in diese drückbar ist, wobei der vom Indenter zurückgelegte Weg und die auf ihn aufgebrachte Kraft gemessen und ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Federeinrichtung zwei miteinander biegesteif verbundene Paare von im wesentlichen parallel angeordneten Federn (12,12';13,13'), vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, umfaßt, wobei die einander gegenüberliegenden Enden der Federn jedes Paares

jeweils biegesteif, vorzugsweise über starre bzw. biegesteife Stäbe (14,15) verbunden sind, wobei die einen Enden der beiden Federn (12,12') des ersten Federpaares bezüglich der Probe (1) ortsinvariant bzw. gehäusefest angeordnet sind und die Kraft auf den biegesteifen Stab (14) am anderen Ende der beiden Federn (12,12') aufgebracht wird, wobei die einen Enden der beiden Federn (13,13') des zweiten, den Indenter (4) tragenden Federpaares mit diesem Stab (14) fest verbunden sind, wobei die anderen Enden der Federn (13,13') dieses Federpaares über den weiteren biegesteifen Stab (15) verbunden sind, wobei der Indenter (4), gegebenenfalls über einen biegesteifen Träger (16), von diesem weiteren Stab (15) getragen ist, daß zur Messung des vom ersten biegesteifen Stab (14) zurückgelegten Weges zumindest eine erste Einrichtung zur Messung der Biegung der Federn (12,12') und damit der auf den biegesteifen Stab (14) ausgeübten Kraft (P) vorgesehen ist, daß zur Messung des vom zweiten Paar der Federn (13,13') getragenen Indenter (4) zurückgelegten Weges und der auf ihn ausgeübten Kraft eine zweite Einrichtung zur Messung der Biegung der Federn (13,13') und damit des vom Indenter (4) zurückgelegten Weges vorgesehen ist, daß vorzugsweise als erste und zweite Einrichtung zur Messung der Federbiegung zumindest ein von den Federn (12,12';13,13') getragener Dehnmeßstreifen (19), kapazitive oder induktive Wegmeßeinrichtungen, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtungen, z.B. Schlitze oder Paare von optischen Gittern (6,7) vorgesehen sind und daß die beiden Einrichtungen zur Messung der Federbiegung zur Ermittlung des vom ersten biegesteifen Stab (14) und des vom Indenter (4) zurückgelegten Weges und zur Bestimmung der auf den Indenter (4) ausgeübten Kraft unter Zuhilfenahme der Federcharakteristiken an eine Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen sind (Fig.2,3,4).

8. Meßeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß als erste Meßeinrichtung ein bezüglich der Probe (1) ortsinvariantes insbesondere gehäusefestes Gitter (6'') vorgesehen ist, das mit einem vom Stab (14) getragenen Gitter (7'') zusammenwirkt, daß als zweite Meßeinrichtung vom Stab (14) und vom weiteren Stab (15) getragene zusammenwirkende weitere Gitter (6,7) vorgesehen sind, daß die jeweiligen zusammenwirkenden optischen Gitter (6,7;6'',7'') jeweils einander überdeckend und aneinander vorbeibewegbar angeordnet sind und jeweils von einer Lichtquelle (8) beleuchtet sind und daß die Auswerteeinrichtung (10) eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den von den Gittern (6,7 bzw.6'',7'') modulierten Lichtfluß aufweist.

9. Meßeinrichtung zur (Ultra)Mikrohärteprüfung von Proben, bei der ein direkt oder indirekt, vorzugsweise über einen biegesteifen Stab oder Träger, von einer Federeinrichtung getragener Indenter der zu untersuchenden Probe näherbar bzw. in diese drückbar ist, wobei eine bezüglich der Probe ortsinvariant befestigte Federeinheit vorgesehen ist und der vom Indenter zurückgelegte Weg und die auf ihn aufgebrachte Kraft gemessen und ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß von der Federeinheit (3) ein biegesteifer Stabträger (62) getragen ist, der vom Kraftgeber belastet ist, daß vom Stabträger (62) zwei im wesentlichen parallel verlaufende Federn (12,12'), vorzugsweise Blattfedern oder Membranfedern, getragen sind, deren andere Enden mit einem zweiten biegesteifen Stab (14) verbunden sind, daß erste Meßeinheiten zur Bestimmung der Relativbewegung des zweiten Stabes (14) gegenüber dem Stabträger (62) bzw. der Biegung der Federn (12,12') vorgesehen sind, daß ein mit ihren einen Enden bezüglich der Probe (1) ortsinvariant befestigtes Paar von im wesentlichen parallelen Federn (13,13') vorgesehen ist, die vorzugsweise am Probenträger (5), an der Probe (1) oder am Gehäuse (2') befestigt sind, daß die freien Enden der Federn (13,13') mit einem dritten biegesteifen Stab (15) verbunden sind, daß der den Indenter (4) tragende dritte Stab (15) vom zweiten Stab (14) gegebenenfalls über einen Auflagekörper (21) mit Kraft beaufschlagbar und verstellbar ist, daß zweite Meßeinheiten zur Feststellung der Biegung der Federn (13,13') bzw. der Bewegung des Stabes (15) vorgesehen sind, daß vorzugsweise die ersten Meßeinheiten zur Messung der Relativbewegung des zweiten Stabes (14) gegenüber dem dritten Stab (15) bzw. des Stabträgers (62) gegenüber dem zweiten Stab (14) von zumindest einem von den Federn (12,12';13,13') getragenen Dehnmeßstreifen (19), einer kapazitiven oder induktiven Wegmeßeinrichtung, einer einen Lichtbündelquerschnitt begrenzenden Einrichtung, vorzugsweise einem Schlitz oder einem Paar von optischen Gittern (6,7), gebildet sind und daß zur Bestimmung der vom Indenter (4) ausgeübten Kraft durch Messung des vom zweiten Stab (14) gegenüber dem dritten Stab (15) zurückgelegten Weges unter Zuhilfenahme der Charakteristik der Federn (13,13'), die beiden Meßeinheiten an eine Auswerteeinrichtung (10) angeschlossen sind (Fig.5).

10. Meßeinrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Meßeinheiten ein vom Stab (62) getragenes Gitter (6) und ein vom Stab (14) getragenes Gitter (7) vorgesehen sind, daß weiters ein

bezüglich der Probe (1) ortsinvariantes Gitter (6'') und ein vom Stab (15) getragenes Gitter (7'') vorgesehen sind, daß die optischen Gitter (6,7;6'',7'') jeweils paarweise einander überdeckend und aneinander vorbeibewegbar angeordnet sind und jeweils von einer Lichtquelle (8) beleuchtbar sind und daß die Auswerteeinrichtung (10) eine vorzugsweise als Lichtsensor ausgebildete Empfangseinrichtung (9) für den von den Gittern (6,7;6'',7''), modulierten Lichtfluß aufweist.

11. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erkennung des Aufsetzens des Indenters (4) auf der Probe (1) eine Überwachungseinrichtung mit einem Differenzierglied (32) für das dem Lichtfluß entsprechende Sensorsignal vorgesehen ist, in dem dieses in aufeinanderfolgenden vorgegebenen Intervallen differenziert wird, und daß dem Differenzierglied (32) eine Vergleichseinrichtung (33) nachgeschaltet ist, in der die Änderungsgeschwindigkeit des Steuersignales in aufeinanderfolgenden Intervallen zur Feststellung einer Überschreitung eines vorgegebenen Unterschieds der Änderungsgeschwindigkeiten der Intensität verglichen wird (Fig.1a).
12. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optischen Gitter (6,7) bzw. ihr durchstrahlter Bereich in einer Verlängerung der Bahn des Indenters (4), bzw. direkt oberhalb des Indenters (4), angeordnet sind (Fig.6).
13. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Gitter (6,7) vom Meßlicht durchstrahlte Transmissionsgitter vorgesehen sind.
14. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Gitter (6,7) ein Transmissionsgitter (7) und ein Reflexionsgitter (6) vorgesehen sind, daß das Transmissionsgitter (7) zwischen der Lichtquelle (8) bzw. dem Lichtsensor (9) und dem Reflexionsgitter (6) angeordnet ist, und daß dem Lichtsensor (9) das vom Reflexionsgitter (6) reflektierte Licht zugeführt ist (Fig.1e).
15. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beleuchtung der Gitter (6,7) bzw. die Lichtführung mittels Lichtwellenleiter (35) erfolgt (Fig.1e).
16. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1,2,9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die ortsinvariante, einen Lichtbündelquerschnitt begrenzende Einrichtung (6) am Probenträger (5), an der Probe (1) oder am Gehäuse (2') der Meßeinrichtung befestigt ist.
17. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einen Lichtbündelquerschnitt begrenzenden Einrichtungen (6,7) von einem Schlitz oder einem optischen Gitter gebildet sind.
18. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lichtquelle (8) als Laser oder LED ausgebildet ist.
19. Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Empfangseinrichtung (9) als Fotodiode oder Fototransistor ausgebildet ist.

Hiezu 11 Blatt Zeichnungen

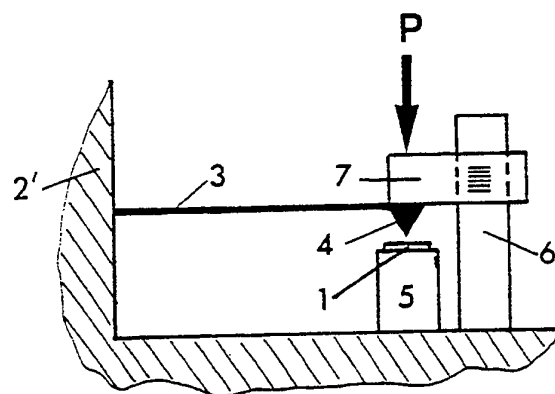


Fig. 1

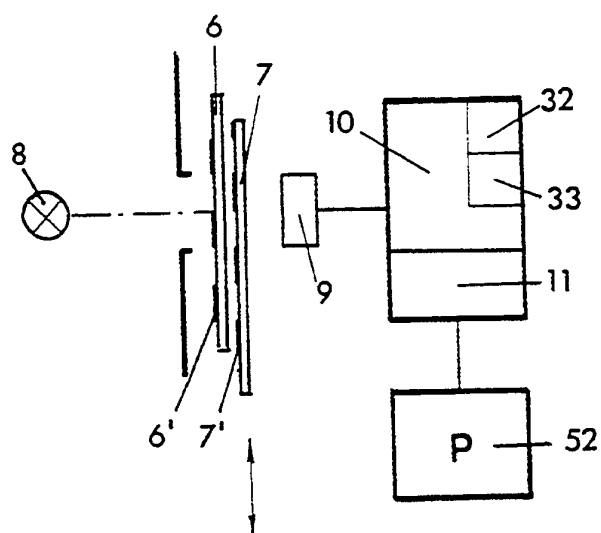


Fig. 1a

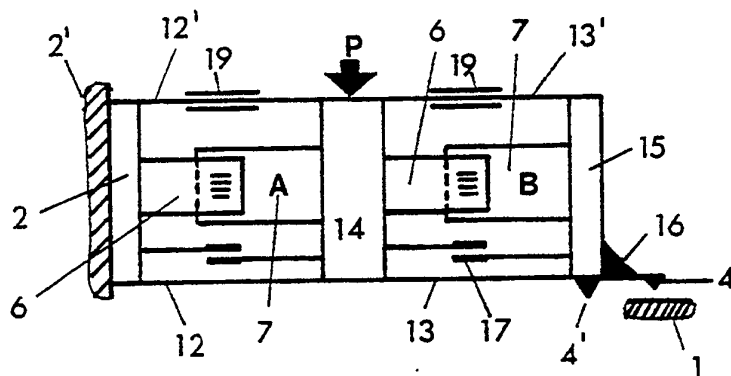


Fig. 1b

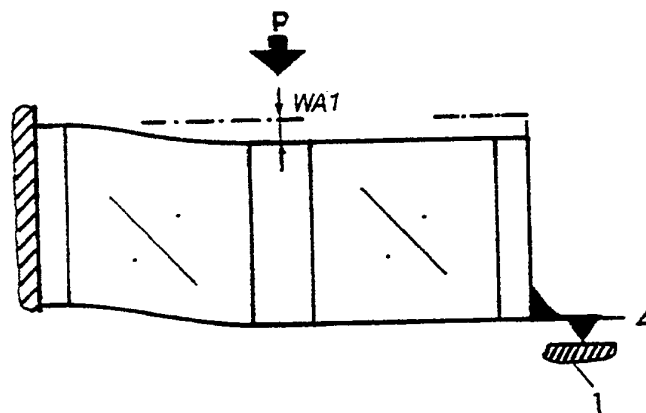


Fig. 1c

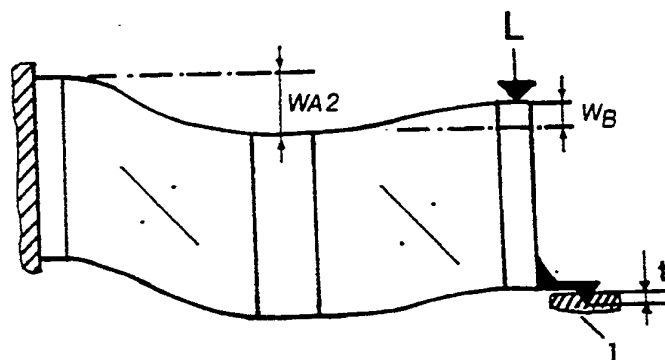


Fig. 1d

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Patentschrift Nr. AT 397 877 B

Ausgegeben
Blatt 3

25. 7.1994

Int. Cl.⁵: G01N 3/42

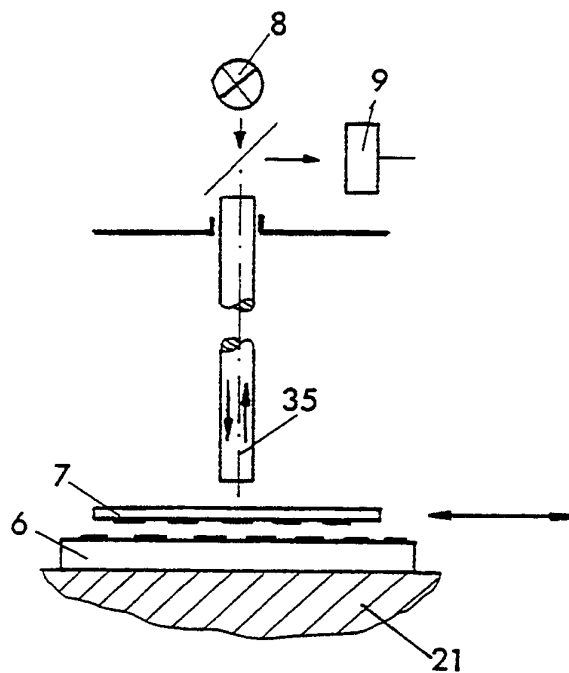


Fig.1e

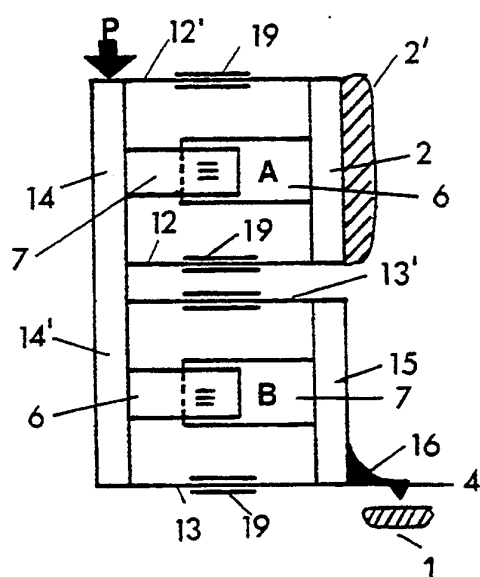


Fig. 2

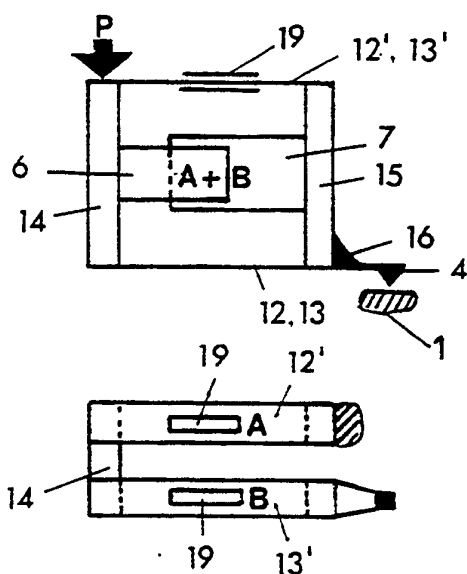


Fig. 3

Fig. 3a

ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

Patentschrift Nr. AT 397 877 B

Ausgegeben
Blatt 5

25. 7.1994

Int. Cl.⁵: G01N 3/42

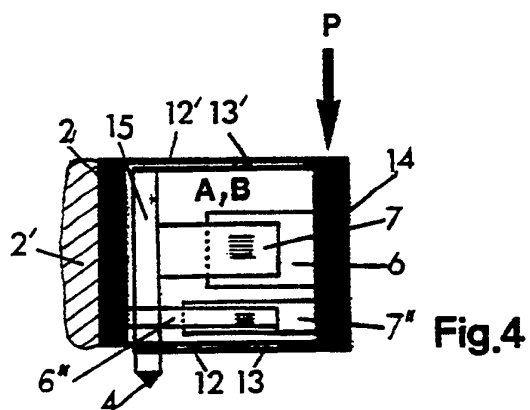


Fig. 4

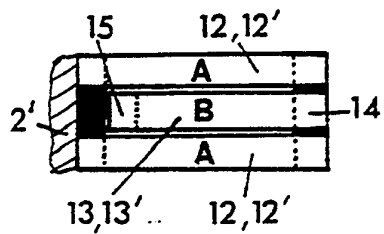


Fig. 4b

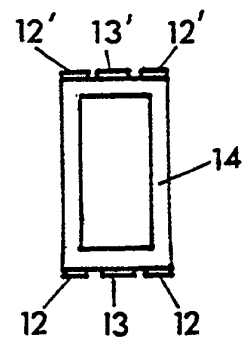


Fig. 4a

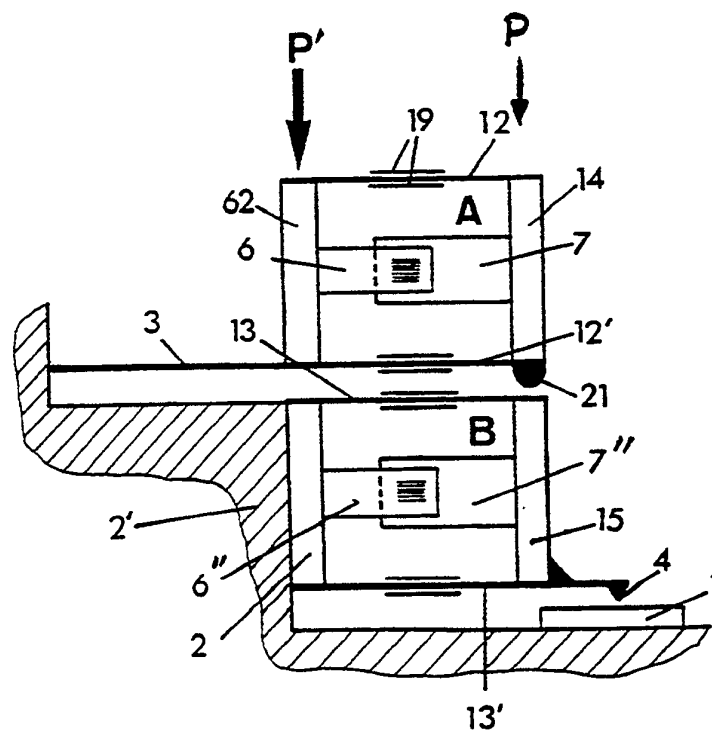


Fig.5

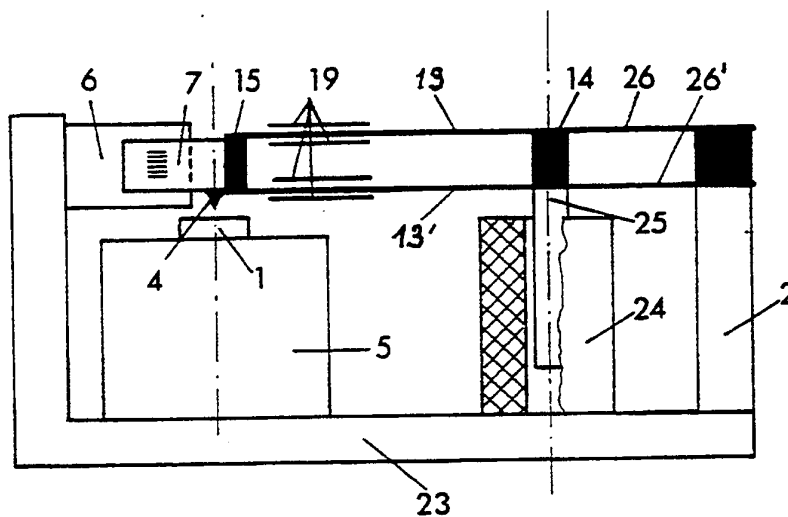


Fig. 7

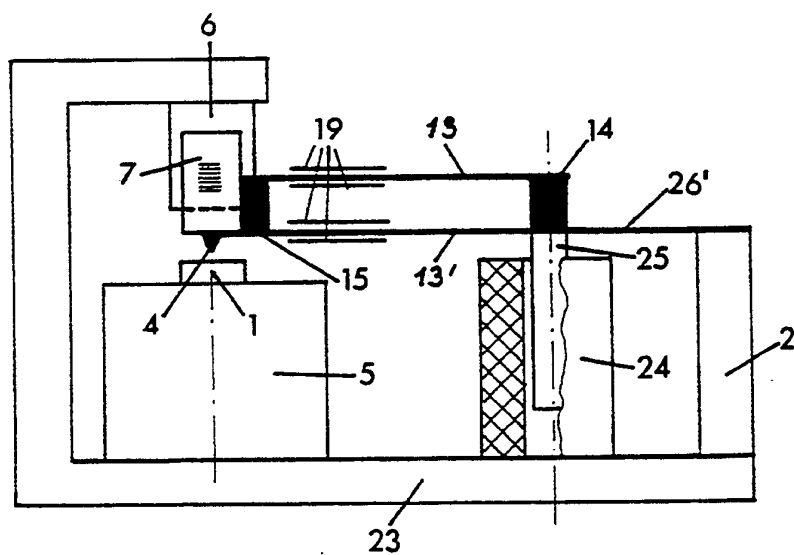


Fig. 6

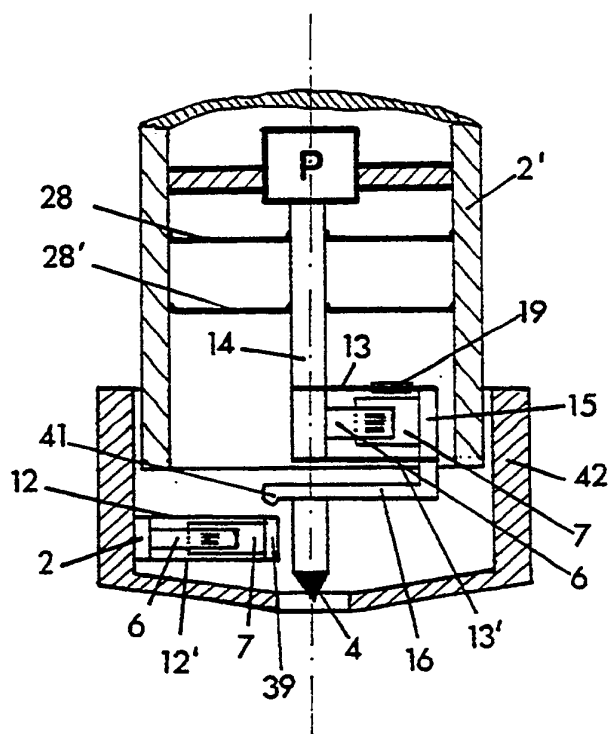


Fig. 8

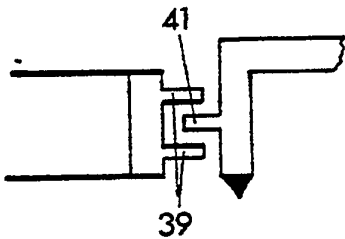
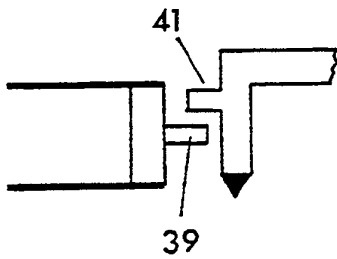


Fig.8a

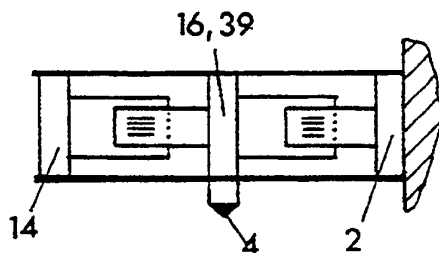
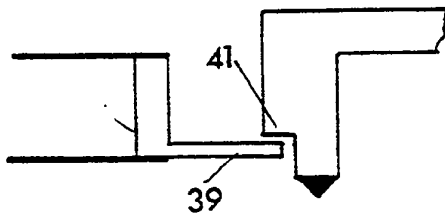


Fig.8b

Int. Cl.⁵: G01N 3/42

The diagram illustrates the operation of a piezoelectric actuator in three stages:

- ZUSTELLEN** (Extend): The piezoelectric stack is extended by 2000 nm. The piezoelectric layer (P) is shown with a positive charge (+) and the inductor (I) is at the top.
- AUFSETZEN RÜCKSTELLEN** (Set back): The piezoelectric stack is set back by 4000 nm. The piezoelectric layer (P) is shown with a negative charge (-) and the inductor (I) is at the bottom.
- EINDRINGEN** (Penetrate): The piezoelectric stack is penetrated by a distance t . The piezoelectric layer (P) is shown with a positive charge (+) and the inductor (I) is at the top.

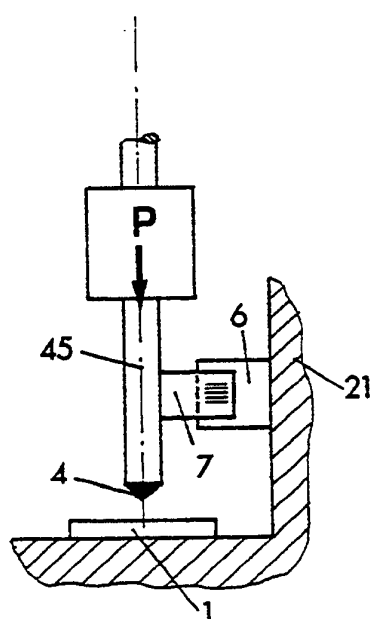


Fig. 10

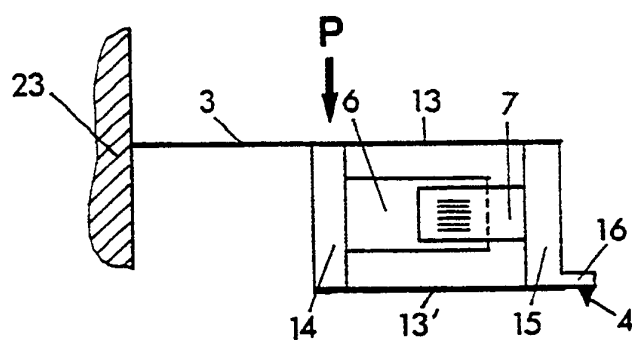


Fig. 11