(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 519344 A1 2018-05-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50941/2016
(22) Anmeldetag: 18.10.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2018

(51) Int. Cl.: ***G01Q 10/04*** (2010.01)
G01Q 60/24 (2010.01)
B82Y 35/00 (2011.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 5598104 A
EP 0373742 A2

(71) Patentanmelder:
Anton Paar GmbH
8054 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Dilg Andreas Dr.
80636 München (DE)

(54) **Definiert schaltbare magnetische Haltevorrichtung**

(57) Haltevorrichtung (50) zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere für ein Rastersondenmikroskop (1), wobei die Haltevorrichtung (50) eine Aufnahmeeinrichtung (54) zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), eine Magnetfeldführeinrichtung (56), die in einem Haltemodus zum Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) eingerichtet ist, und eine Magnetfeldschalteinrichtung (58) aufweist, die eingerichtet ist, zwischen mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen, wobei in dem Freigabemodus der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist.

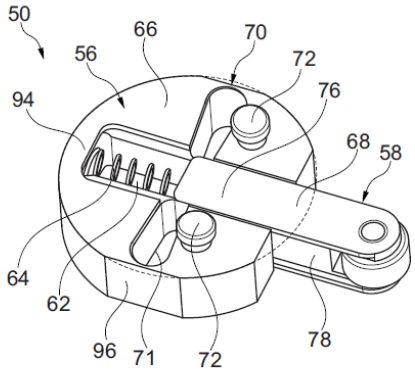


Fig. 2

AT 519344 A1 2018-05-15

Zusammenfassung

Haltevorrichtung (50) zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere für ein Rastersondenmikroskop (1), wobei die Haltevorrichtung (50) eine Aufnahmeeinrichtung (54) zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), eine Magnetfeldführeinrichtung (56), die in einem Haltemodus zum Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) eingerichtet ist, und eine Magnetfeldschalteinrichtung (58) aufweist, die eingerichtet ist, zwischen mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen, wobei in dem Freigabemodus der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist.

(Figur 2)

Definiert schaltbare magnetische Haltevorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Haltevorrichtung, ein Rastersondenmikroskop und ein Verfahren zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers eines Rastersondenmikroskops.

Ein Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) dient hauptsächlich der lateral bzw. vertikal hochauflösenden Untersuchung von Oberflächen (insbesondere topographische Untersuchungen von Oberflächen). Dabei wird eine Messsonde (zum Beispiel ein Biegebalken, welcher auch als Cantilever bezeichnet wird) mit einer nanoskopisch kleinen Nadel (auch als Messspitze oder Messsondenspitze bezeichnet) über die Oberfläche geführt (d.h. gerastert bzw. gescannt) und die Auslenkung des Cantilevers, basierend auf der Wechselwirkung des Cantilevers mit der Oberfläche, detektiert. Je nach Oberflächenbeschaffenheit der Probe wird die Auslenkung des Cantilevers positionsabhängig bzw. die Nachführung der Sonde aufgezeichnet. Die Auslenkung des Cantilevers bzw. der Spitze kann kapazitiv (insbesondere piezoelektrisch) oder mithilfe von optischen Sensoren gemessen werden. Diese Methode ermöglicht eine Strukturuntersuchung der Oberfläche der Probe bis hin zur atomaren Auflösung. Der Abstand des Cantilevers zur Oberfläche der zu untersuchenden Probe kann sehr genau eingestellt werden. Damit können verschiedene Messmethoden, wie beispielsweise der Kontaktmode (contact mode), der Nicht-Kontaktmode (non contact mode), Tast-AFM Mode (Tapping Mode), etc. realisiert werden. In US 5,406,832 A wird der Aufbau eines AFM beschrieben.

Ein Probenkörper, der mit einem Rasterkraftmikroskop vermessen werden soll, wird zum Zweck der Probenvorbereitung auf einem Probenhalter platziert. Dieser Probenhalter wird dann samt Probenkörper im Messgerät fixiert. Vor Beginn einer Messung ist ein Probenkörper bzw. ein Probenhalter an einer

Aufnahmeeinrichtung einer Haltevorrichtung zu befestigen. Eine solche Prozedur ist herkömmlich aufwendig.

US 8,302,456 B2 offenbart einen Probenhalter bzw. einen Sensorhalter für ein AFM, mit denen besonders kleine Strukturen vermessen werden können. Ein Beispiel für eine Vakuum-Ansaugung wird in der von Keysight vertriebenen Apparatur 5600LS AFM eingesetzt. Gemäß JP 2003-329562 A umfasst ein Probenhalter einen fixen Teil und einen ein- bzw. ausführbaren Permanentmagneten, der mittels einer Feder und einer Art Bajonettverschluss fixiert wird. US 5,260,577 offenbart einen Probenträger, der mittels mehrerer Magneten an einer darüber liegenden Platte fixiert wird. EP 0,373,742 B1 weist eine Probe auf einer Proben-Plattform auf, welche wiederum auf einer Hilfs-Plattform liegt. In beiden Plattformen befinden sich um 90° um ihre eigene Achse drehbare Magneten.

Eine andere herkömmliche Variante der Fixierung ist die Kombination aus einem ferromagnetischen Probenhalter und einem oder mehreren Permanentmagneten im Messgerät. Ein Nachteil dieser Lösung liegt darin, dass der Benutzer gezwungen ist, den Probenhalter unter Aufbringung von erheblicher Muskelkraft gegen die wirkende Magnetkraft aus dem Messgerät zu ziehen. Dies führt im Umfeld der empfindlichen Komponenten eines Rastersondenmikroskop sowie empfindlicher und kleiner Probenkörper zu einer Beschädigungsgefahr und ist wenig benutzerfreundlich.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Möglichkeit zu schaffen, eine Montage eines Probenkörpers an einem Rastersondenmikroskop schnell, einfach, fehlerrobust und präzise vornehmen zu können.

Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Haltevorrichtung zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (der

auch als Probenträger bezeichnet werden kann), d.h. eines Probenhalters der ein magnetisches Material (insbesondere ferromagnetisches Material, ferrimagnetisches Material, paramagnetisches Material und/oder permanentmagnetisches Material) aufweist oder daraus besteht, oder eines magnetischen Probenkörpers, d.h. eines Probenkörpers, der ein magnetisches Material (insbesondere ferromagnetisches Material, ferrimagnetisches Material, paramagnetisches Material und/oder permanentmagnetisches Material) aufweist oder daraus besteht (in diesem Fall kann der Probenkörper auch ohne Probenhalter montiert werden) geschaffen (insbesondere für ein Rastersondenmikroskop oder für ein anderes Messgerät), wobei die Haltevorrichtung eine Aufnahmeeinrichtung (zum Beispiel eine Vertiefung oder einen Einsatz einer Montageplatte) zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters oder des magnetischen Probenkörpers, eine Magnetfeldführeinrichtung, die in einem Haltemodus zum Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung aufgenommenen magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers eingerichtet ist, und eine Magnetfeldschalteinrichtung aufweist, die eingerichtet ist, zwischen mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung und der Magnetfeldschalteinrichtung zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen, wobei in dem Freigabemodus der magnetische Probenhalter oder Probenkörper zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung freigegeben ist. Die Aufnahmeeinrichtung kann zum Beispiel auch durch die dem Probenhalter bzw. Probenkörper zugewandte Fläche der Haltevorrichtung gebildet werden.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Rastersondenmikroskop zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich eines Probenkörpers mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probenkörpers bereitgestellt, wobei das Rastersondenmikroskop einen magnetischen Probenhalter zum Halten des Probenkörpers oder den

magnetischen Probenkörper ohne Probenhalter und eine Haltevorrichtung mit den oben beschriebenen Merkmalen zum lösbaren Halten des magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers aufweist.

Gemäß einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel ist ein Verfahren zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters oder eines magnetischen Probenkörpers (insbesondere eines Rastersondenmikroskops) geschaffen, wobei bei dem Verfahren der magnetische Probenhalter oder Probenkörper an einer Aufnahmeeinrichtung aufgenommen wird, in einem Haltemodus ein Magnetfeld zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft (insbesondere einer anziehenden magnetischen Haltekraft) an der Aufnahmeeinrichtung zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung aufgenommenen magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers mittels einer Magnetfeldführeinrichtung geführt wird, und von einer zu einer anderen von mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung und einer Magnetfeldschalteinrichtung umgeschaltet wird, um ausgehend von dem Haltemodus einen Freigabemodus einzustellen, in dem der magnetische Probenhalter oder Probenkörper zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung freigegeben ist (insbesondere durch vollständiges oder zumindest weitestgehendes Eliminieren der Magnetkraft am Ort der Aufnahmeeinrichtung, oder durch Umschalten der im Haltemodus anziehenden Magnetkraft in eine im Freigabemodus abstoßende Magnetkraft).

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Magnetfeldführeinrichtung“ eine zumindest teilweise magnetische Struktur verstanden, die (insbesondere aufgrund ihrer Formgebung und/oder Materialzusammensetzung) dazu in der Lage ist, ein (zum Beispiel von einer Magnetfeldschalteinrichtung) bereitgestelltes Magnetfeld auf vorgebbare Weise räumlich zu führen, das heißt einen Pfad, eine Verlaufsrichtung oder eine Trajektorie von Magnetfeldlinien dieses Magnetfelds in definierter Weise zu beeinflussen. Dabei kann die Magnetfeldführeinrichtung so ausgebildet sein, in dem Haltemodus die Magnetfeldlinien durch die Aufnahmeeinrichtung hindurch

zu führen und in dem Freigabemodus die Magnetfeldlinien von der Aufnahmeeinrichtung wegzuführen.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Magnetfeldschalteinrichtung" eine zumindest teilweise magnetische Struktur verstanden, die (insbesondere aufgrund ihrer Formgebung und/oder Materialzusammensetzung) dazu in der Lage ist, ein von der Magnetfeldführeinrichtung räumlich geführtes Magnetfeld zu erzeugen und in (mindestens zwei) unterschiedlichen Schaltzuständen, die insbesondere unterschiedlichen Positionen der gesamten Magnetfeldschalteinrichtung oder eines Teils der Magnetfeldschalteinrichtung zugeordnet sind, unterschiedliche Führungspfade der magnetischen Feldlinien einzustellen.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Relativanordnung" insbesondere eine relative räumliche Anordnung zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (entweder als Ganzes oder von deren Einzelkomponenten) einerseits und der Magnetfeldschalteinrichtung (entweder als Ganzes oder von deren Einzelkomponenten) andererseits verstanden. Insbesondere kann unter einer Relativanordnung in diesem Zusammenhang eine Relativposition der Magnetfeldführeinrichtung in Bezug auf die Magnetfeldschalteinrichtung bzw. eine Relativorientierung der Magnetfeldführeinrichtung in Bezug auf die Magnetfeldschalteinrichtung verstanden werden. Eine Änderung einer Relativanordnung zwischen der Magnetfeldführeinrichtung und der Magnetfeldschalteinrichtung zum wahlweisen Einstellen des Haltemodus oder des Freigabemodus kann aber auch dadurch erfolgen, dass eine Komponente der Magnetfeldführeinrichtung oder der Magnetfeldschalteinrichtung relativ zu einem entsprechenden Rest der Magnetfeldführeinrichtung oder der Magnetfeldschalteinrichtung und relativ zu der jeweils anderen der Magnetfeldführeinrichtung und der Magnetfeldschalteinrichtung bewegt wird.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „schalten" insbesondere verstanden, dass von einem wohldefinierten Schaltzustand in einen

anderen wohldefinierten Schaltzustand übergegangen wird. Somit kann der Begriff „Schalten" in diesem Zusammenhang nicht als stufenloser Übergang, sondern als definierter und diskreter Übergang von einem Betriebsmodus in einen anderen Betriebsmodus verstanden werden.

Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Rastersondenmikroskop" insbesondere ein Mikroskop verstanden, bei dem ein Bild oder sonstige Oberflächeninformation eines Probenkörpers nicht mit einer optischen oder elektronenoptischen Abbildung (d.h. unter Einsatz von Linsen) erzeugt wird, sondern über die Wechselwirkung einer Messsonde mit dem Probenkörper. Die zu untersuchende Probenoberfläche wird mittels dieser Messsonde in einem Rasterprozess Punkt für Punkt abgetastet. Die sich für jeden einzelnen Punkt ergebenden Messwerte können dann zu einem Bild zusammengesetzt werden oder in anderer Weise ausgewertet werden.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine Haltevorrichtung geschaffen, die definiert zwischen mindestens zwei wohldefinierten Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldschalteinrichtung und der Magnetfeldführeinrichtung geschaltet werden kann. In einer ersten Relativanordnung, die einem Haltemodus entspricht, bilden ein magnetischer Probenhalter oder Probenkörper an der Aufnahmeeinrichtung einerseits und die Kombination aus Magnetfeldführeinrichtung und Magnetfeldschalteinrichtung andererseits einen die Probe an der Aufnahmeeinrichtung fest fixierenden Magnethaltemechanismus. In einer zweiten Relativanordnung, die einem Freigabemodus entspricht, ist eine solche Magnetkraft weitgehend oder vollständig deaktiviert oder zumindest stark reduziert oder sogar hinsichtlich ihres Vorzeichens umgekehrt. Dies kann durch ein Umlenken oder Umpolen des zuvor anziehenden Magnetfelds durch ein Zusammenspiel von Magnetfeldführeinrichtung und Magnetfeldschalteinrichtung nach einem Schaltprozess erreicht werden. Somit ist gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel ein einfach ausgebildeter und einfach betätigbarer Haltemechanismus bereitgestellt, der auf einer zum Beispiel

permanentmagnetischen Magnetfelderzeugung basiert und eine in einem probenbezogenen Raumbereich abschaltbare oder umkehrbare Magnetkraft bewirkt. Das Aktivieren bzw. Abschalten bzw. Umkehren der Magnetkraft am Ort des magnetischen Probenhalters/Probenkörpers erfolgt dabei vorzugsweise rein mechanisch und erfordert zudem nur eine sehr geringe Aktuationskraft. Eine solche Architektur ist im Aufbau kompakt und einfach und im Betrieb vibrationsfrei und robust. Außerdem kommt es mit Vorteil zu keiner, an dieser Stelle ausgesprochen unerwünschten, Wärmeentwicklung durch den Betrieb der Haltevorrichtung. Im Unterschied zu nicht abschaltbaren Permanentmagneten, die allenfalls für kleine Probenhalter funktionieren, ermöglichen exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung auch bei großen Probenhaltern bzw. Probenkörpern einen bei der Montage sowie Demontage sicheren Betrieb. Ungeachtet der beim Halten nötigen magnetischen Anziehungskräfte kann gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ein kraftarmes Abnehmen des Probenhalters nach Umschalten der Magnetkraft bewerkstelligt werden, so dass der Probenhalter in einem zugehörigen Schaltzustand bei verringerter, eliminierter oder sogar umgerichteter Haltekraft von der Aufnahmeeinrichtung abgenommen werden kann.

Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele der Haltevorrichtung, des Rastersondenmikroskops und des Verfahrens beschrieben.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung einen Magneten, insbesondere einen Permanentmagneten, zum Generieren des (im Haltezustand anziehenden und im Freigabezustand weggeleiteten, reduzierten oder abstoßend umgepolten) Magnetfelds aufweisen. Somit kann die Magnetfeldschalteinrichtung simultan als Magnetfelderzeugungseinrichtung ausgebildet sein. Der genannte Magnet kann also die Quelle des genannten Magnetfelds sein. Ein aufwändiges und unerwünschte Abwärme erzeugendes Betreiben eines Elektromagneten kann bei Vorsehen eines Permanentmagneten entbehrlich sein. Die

Magnetfeldschalteinrichtung kann auf diese Weise ohne elektrische Energieversorgung betrieben werden. Gemäß alternativer Ausführungsbeispiele kann jedoch auch eine elektrische Energieversorgungsquelle, insbesondere zum Betrieb eines Elektromagneten, vorgesehen sein.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldführeinrichtung magnetisierbares Material, insbesondere ferromagnetisches Material, aufweisen oder daraus bestehen. Dieses Material kann in Anwesenheit eines, zum Beispiel mittels der Magnetfeldschalteinrichtung generierten, Magnetfeldes dieses Magnetfeld gezielt räumlich beeinflussen und den magnetischen Fluss durch definierte Pfade durch- bzw. umleiten.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann in dem Freigabemodus das Magnetfeld von der Aufnahmeeinrichtung weggeführt sein. Anders ausgedrückt kann, wenn die Magnetfeldschalteinrichtung eine Freigabeposition einnimmt, das von der Magnetfeldschalteinrichtung erzeugte Magnetfeld durch das Material der Magnetfeldführeinrichtung räumlich so geführt bzw. umgeleitet werden, dass es nicht länger eine magnetische Anziehungskraft auf den magnetischen Probenhalter oder Probenkörper im Bereich der Aufnahmeeinrichtung ausübt, sondern in einem anderen Raumbereich magnetische Wirkungen entfaltet.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, mittels longitudinalen, insbesondere mittels linearen Bewegens zumindest eines Teils der Magnetfeldschalteinrichtung zwischen den zwei (oder mehr als zwei) Relativanordnungen zu schalten. Unter einer longitudinalen bzw. linearen Bewegung ist insbesondere eine Bewegung zu verstehen, die exakt oder zumindest im Wesentlichen bzw. vorwiegend geradlinig verläuft und (beispielsweise innerhalb gewisser Toleranzen) auch eine geringfügige nicht-geradlinige Komponente aufweisen kann. Durch ein solches Schalten zwischen unterschiedlichen Betriebsmodi durch Vollführen einer einfachen Längsbewegung ist ein definiertes Einstellen definierter Schaltpositionen mit geringem Aufwand

möglich. Auch begünstigt eine translatorische Schaltbewegung die Einstellung definierter Schaltzustände. Alternativ ist allerdings auch eine rotatorische Schaltbewegung möglich.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, rein mechanisch zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten. Ein solcher rein mechanischer Übergang kann zum Beispiel durch einen Benutzer unter Aufbringung von Muskelkraft erfolgen, der zum Schalten ein Betätigungselement betätigen oder einen Hebel umlegen kann. Dadurch ist ein einfacher Betrieb durch Betätigen der Haltevorrichtung ermöglicht, sodass unerwünschte elektrische Abwärme vermieden ist, die bei Messgeräten zu unerwünschten Artefakten führen kann. Die Betätigung der Haltevorrichtung kann mittels eines geeigneten Werkzeuges oder auch werkzeuglos erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „werkzeuglos betätigbar" insbesondere verstanden, dass ein Benutzer zum Betätigen der Haltevorrichtung zum Anbringen und Abnehmen des magnetischen Probehalters oder Probenkörpers kein Werkzeug (zum Beispiel Schraubendreher) oder sonstiges Hilfsmittel außerhalb der Haltevorrichtung verwenden muss. Alternativ zu einem benutzerdefinierten Umschalten ist jedoch auch ein maschinelles Betätigen der Haltevorrichtung möglich.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, in dem Freigabemodus die magnetische Haltekraft zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung aufgenommenen magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers an der Aufnahmeeinrichtung abzuschalten. Auf diese Weise kann das Abnehmen des Probenhalters samt Probenkörper von der Montagebasis des Messgeräts fast vollständig kraftlos und ohne Überwindung einer großen Magnetkraft erfolgen (lediglich eine kleine Gravitationskraft ist dann zu überwinden). Dadurch ist ein besonders benutzerfreundlicher und sicherer Betrieb ermöglicht.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, in dem Haltemodus magnetische Feldlinien durch den Probenhalter oder den Probenkörper an der Aufnahmeeinrichtung hindurchlaufend auszubilden, und in dem Freigabemodus die magnetischen Feldlinien durch einen alternativen Pfad hindurch laufend auszubilden. Durch ein bloßes Umleiten des magnetischen Feldes kann somit der Übergang zwischen Haltemodus und Freigabemodus in einfacher Weise erfolgen. Dies stellt eine besonders energiesparende, einfache und benutzerfreundliche Form des selektiven Befestigens oder Lösens des Probenhalters an bzw. von der Aufnahmeeinrichtung dar.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, in dem Haltemodus einen Magnetschluss durch den Probenhalter oder Probenkörper an der Aufnahmeeinrichtung auszubilden, und in dem Freigabemodus einen alternativen Magnetschluss an dem Probenhalter oder Probenkörper an der Aufnahmeeinrichtung vorbei auszubilden. Unter dem Begriff Magnetschluss wird in diesem Zusammenhang das Ausbilden geschlossener Magnetfeldlinien in einem entsprechenden Raumbereich verstanden. Während im Haltemodus die Magnetlinien mit hoher Dichte im Bereich des Probenhalters oder Probenkörpers verlaufen oder dort konzentriert sind, um eine hohe magnetische Haltekraft zu erzeugen, können die Magnetlinien hoher Dichte im Freigabemodus vom Probenhalter weggeleitet und durch einen alternativen Pfad geleitet werden. Der magnetische Probenhalter oder Probenkörper spürt in letzterem Betriebszustand dann praktisch keine magnetische Befestigungskraft mehr.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung als Quelle eines magnetischen Flusses eingerichtet (insbesondere mit einem Permanentmagneten ausgestattet) sein, deren magnetischer Fluss mittels Schaltens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen durch mindestens zwei unterschiedliche magnetische Pfade führbar ist, die mittels der Magnetfeldführeinrichtung definierbar sind. Die Quelle

magnetischen Flusses der Magnetfeldschalteinrichtung kann durch mindestens einen Permanentmagnet der Magnetfeldschalteinrichtung realisiert werden. Die Magnetfeldführeinrichtung kann dann die Aufgabe verwirklichen, diesen magnetischen Fluss zum Erzeugen einer magnetischen Befestigungskraft auf die Aufnahmeeinrichtung zu richten oder zum Freigeben des magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers von der Aufnahmeeinrichtung wegzuleiten.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung so eingerichtet sein, dass während Überführens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen eine Summe der magnetischen Widerstände der beiden magnetischen Pfade im Wesentlichen konstant ist. Auf diese Weise ist ein kraftarmes Überführen der Haltevorrichtung zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus ermöglicht, da sich der magnetische Fluss in der gesamten Magnetfeldführeinrichtung nicht bzw. nur geringfügig ändert. Dies erhöht die Benutzerfreundlichkeit der Haltevorrichtung.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann zumindest eine der mindestens zwei Relativanordnungen (insbesondere Relativpositionen) einer zugehörigen Anschlagposition der Magnetfeldschalteinrichtung an einer Begrenzungswand einer Aussparung im Inneren der Magnetfeldführeinrichtung zugeordnet sein. Wenn also die Magnetfeldschalteinrichtung oder eine Komponente davon (zum Beispiel ein Magnetschlitten) gegen eine Endfläche der Aussparung der Magnetfeldschalteinrichtung (zum Beispiel eine Endfläche einer Aussparung eines Magnetschuhs der Magnetfeldschalteinrichtung) anstößt, stellt dies für einen Benutzer eine intuitive haptische Rückmeldung dar, dass ein gewünschter Schaltzustand (insbesondere der Freigabemodus) eingestellt ist. Ferner ist durch den mechanischen Anschlag sichergestellt, dass tatsächlich ein stabiler Schaltzustand verwirklicht ist.

Alternativ oder ergänzend kann aber auch der Haltemodus durch Anschlag an eine Endfläche definiert sein. Stattdessen ist es auch möglich, einen der Modi (insbesondere den Haltemodus) dadurch zu definieren, dass eine

Vorspanneinrichtung (zum Beispiel eine Feder) die Magnetfeldschalteinrichtung oder einen Teil davon (zum Beispiel einen Magnetschlitten) in Abwesenheit einer externen Kraft in einen der Modi (insbesondere in den Haltemodus) vorspannt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann somit die Haltevorrichtung eine Vorspanneinrichtung (zum Beispiel eine Feder, einen Gummiblock oder zwei gleichnamig elektrisch geladene und voneinander elektrisch isolierte Körper) aufweisen, die zum mechanischen Vorspannen der Magnetfeldschalteinrichtung in eine der beiden Relativanordnungen ausgebildet sein kann, besonders vorteilhaft in den Haltemodus. Durch das Vorsehen einer solchen Vorspanneinrichtung kann sichergestellt werden, dass in Abwesenheit einer externen Kraft das System in einem der wohl definierten Schaltzustände verbleibt. Vorzugsweise ist in Abwesenheit einer externen Kraft und infolge der Wirkung der Vorspanneinrichtung die Haltevorrichtung in den Haltemodus vorgespannt, um ein unerwünschtes Lösen des Probenhalters zu vermeiden. Ein unbeabsichtigtes Freigeben des Probenhalters oder Probenkörpers(zum Beispiel durch eine unspezifische Erschütterung oder Vibration in der Umgebung der Haltevorrichtung) kann somit verunmöglicht werden. Anders ausgedrückt muss ein Benutzer dann zum Freigeben eine aktive Handlung vollführen, um den magnetischen Probenhalter oder Probenkörper von der Aufnahmeeinrichtung abnehmen zu können.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldführeinrichtung einen (insbesondere scheibenförmigen) Magnetschuh mit einer Aussparung und die Magnetfeldschalteinrichtung einen Magnetschlitten aufweisen, der zum Verfahren innerhalb der Aussparung montiert ist. Das reziprozierende Verfahren des Magnetschlittens innerhalb der Aussparung kann dem Schalten zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus entsprechen, da ein magnetischer Körper des Magnetschlittens ein Überführen von Magnetfeldlinien hoher Dichte zwischen dem Bereich der Aufnahmeeinrichtung und einem davon unterschiedlichen Bereich bewerkstelligen kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Magnetschuh im Wesentlichen senkrecht zu einer Verfahr- oder Verschieberichtung des Magnetschlittens eine mittels eines nicht- oder unmagnetischen Materials (insbesondere ein oder mehrere Luftspalte, vorzugsweise ein Paar Luftspalte in dem Magnetschuh) definierte Magnetbarriere aufweisen. Eine solche Magnetbarriere, zum Beispiel eine lokale Dünnstelle des Magnetschuhs, kann einen dadurch verlaufenden magnetischen Pfad energetisch verunmöglichen und einen anderen Pfad begünstigen, entlang welchen Magnetfeldlinien hoher Dichte zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus verschoben werden können.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein permanentmagnetischer Block des Magnetschlittens eine Berührfläche mit einer ersten Schnittstellenfläche einer angrenzenden Wandung der Aussparung auf einer Seite der Magnetbarriere in dem Freigabemodus und/oder mit einer zweiten Schnittstellenfläche einer angrenzenden Wandung der Aussparung auf einer anderen Seite der Magnetbarriere in dem Haltemodus haben. Diese Berührfläche als entsprechende Teilfläche des permanentmagnetischen Blocks kann kleiner als die erste Schnittstellenfläche und/oder kleiner als die zweite Schnittstellenfläche sein, insbesondere höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der ersten Schnittstellenfläche sein und/oder höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der zweiten Schnittstellenfläche sein (siehe Figur 15). Durch Vorsehen einer gegenüber der Berührfläche erheblich größeren Schnittstellenfläche(n) kann eine Haltevorrichtung geschaffen werden, die sehr tolerant gegenüber Positionsungenauigkeiten des permanentmagnetischen Körpers ist, ohne im Falle solcher Positionsschwankungen oder Ungenauigkeiten ihren jeweiligen definierten Schaltzustand (insbesondere Haltemodus oder Freigabemodus) zu verlassen. Unabhängig davon, an welcher Stelle der jeweiligen Schnittstellenfläche die Berührfläche positioniert ist, kann somit ein und derselbe Schaltzustand erhalten bleiben. Eine solche Haltevorrichtung ist

daher besonders fehlerrobust auch unter rauen Bedingungen und bei Vorliegen von Toleranzen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Magnetschuh an einer der Aufnahmeeinrichtung zugewandten Oberfläche zwei Polüberstände aus magnetischem Material aufweisen. Auch ein oder mindestens drei Polüberstände sind möglich. Zum Beispiel können zwei im Wesentlichen kreiszylindrische oder pfostenartige Polüberstände gegenüber einer ansonsten planaren Oberfläche des Magnetschuhs hervorstehen und dadurch Bereiche definieren, durch die Magnetfeldlinien hoher Dichte in einem der Betriebsmodi (insbesondere in dem Haltemodus) definiert hindurchlaufen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Magnetschlitten einen permanentmagnetischen Block aufweisen, der (ein- oder beidseitig) an nichtmagnetisches Material des Magnetschlittens angeformt ist. Der Magnetschlitten kann zum Beispiel ein kolbenförmiger Körper sein, der reziprozierend in einer Aussparung des Magnetschuhs hin und her verfahren werden kann. Zum Beispiel ein vorderseitiger Bereich des kolbenförmigen Körpers kann aus dem insbesondere permanentmagnetischen Material gebildet sein, wohingegen ein rückseitiger Bereich des kolbenförmigen Körpers aus einem nichtmagnetischen Material gebildet sein kann.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein, mittels Veränderns eines Abstands zwischen der Magnetfeldführeinrichtung als Ganzes und der Magnetfeldschalteinrichtung als Ganzes zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten. Gemäß einer solchen Ausgestaltung kann durch das Entfernen der Magnetfeldschalteinrichtung von der Magnetfeldführeinrichtung bzw. von der Aufnahmeeinrichtung die Magnetfeldstärke im Bereich der Aufnahmeeinrichtung abgeschwächt werden, wodurch der Freigabemodus aktiviert werden kann. Umgekehrt kann durch ein Annähern der Magnetfeldschalteinrichtung an die Aufnahmeeinrichtung der Haltemodus aktiviert werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung (oder die Magnetfeldführeinrichtung) eingerichtet sein, mittels Abtrennens eines Teilmagnetabschnitts von einem Restmagnetabschnitt der Magnetfeldschalteinrichtung (oder der Magnetfeldführeinrichtung) zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten. Durch ein Abtrennen einer magnetischen Komponente von einer der Magnetfeldschalteinrichtung oder der Magnetfeldführeinrichtung können ebenfalls die magnetischen Feldlinien so umgeleitet werden, dass infolge des Abtrennens ein Übergang zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus bewirkt wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Magnetfeldschalteinrichtung (oder die Magnetfeldführeinrichtung) eingerichtet sein, mittels Anfügens eines Zusatzmagnetabschnitts an einen Grundmagnetabschnitt der Magnetfeldschalteinrichtung (oder der Magnetfeldführeinrichtung) zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten. Durch ein Anstücken einer magnetischen Komponente der Magnetfeldschalteinrichtung oder der Magnetfeldführeinrichtung können ebenfalls die magnetischen Feldlinien so umgeleitet werden, dass infolge des Anstückens ein Übergang zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus bewirkt wird.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Haltevorrichtung als energetisch autarke Haltevorrichtung ausgebildet sein, insbesondere betreibbar ohne elektrische Energiezufuhr (beispielsweise rein mittels Muskelkraft). Auf diese Weise können sowohl unerwünschte Vibrationen (wie diese zum Beispiel bei Betrieb eines Vakuumsystems erzeugt werden können) als auch eine unerwünschte Erwärmung (wie diese zum Beispiel bei Betrieb einer elektrischen Energieversorgungseinrichtung anfallen kann) der Haltevorrichtung und somit des Probenkörpers auf dem Probenhalter vermieden werden. Die Messung an dem Probenkörper kann dadurch mit hoher Präzision und artefaktfrei erfolgen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Haltevorrichtung mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung und mindestens eine weitere

Magnetfeldschalteinrichtung mit den oben genannten Merkmalen aufweisen, wobei die Magnetfeldführeinrichtung und die Magnetfeldschalteinrichtung sowie die mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung eingerichtet sein können, gemeinsam auf dieselbe Aufnahmeeinrichtung einzuwirken (siehe Figur 6 und Figur 7). Um eine gewünschte oder geforderte Haltekraft aufbringen zu können, kann eine beliebige Anzahl von Magnetfeldführeinrichtungen und Magnetfeldschalteinrichtungen im Rahmen einer Haltevorrichtung paarweise kombiniert werden. Insbesondere können die Paare in Serie betrieben werden.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Haltevorrichtung einen (insbesondere starren) Steuerkörper aufweisen, der antreibbar ist, simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung und mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung einzuwirken. Auf diese Weise können wahlweise einige oder auch alle haltekrafterzeugenden Komponenten der Haltevorrichtung mit einer gemeinsamen Betätigung in einen gewünschten Zustand überführt werden, insbesondere in den Haltemodus oder den Freigabemodus. Es ist mittels des Steuerkörpers also möglich, alle oder nur einen Teil der Magnetschlösser zu betätigen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Steuerkörper als Steuerscheibe ausgebildet sein, die drehantreibbar ist, um dadurch simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung und mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung einzuwirken, die zumindest zum Teil gemeinsam mit der Magnetfeldführeinrichtung und der mindestens einen weiteren Magnetfeldführeinrichtung umfänglich um die Steuerscheibe herum angeordnet sein können (alternativ oder ergänzend ist auch eine Anordnung innerhalb der Steuerscheibe möglich). Durch Drehen der Steuerscheibe können Mitnehmerstrukturen am äußeren (und/oder am inneren) Umfang der Steuerscheibe auf jeweilige Magnetfeldschalteinrichtungen einwirken und dadurch alles Magnetfeldschalteinrichtungen gleichzeitig in einen gewünschten Betriebsmodus überführen. Durch das umfängliche Anordnen der

Magnetfeldschalteinrichtungen samt zugehörigen Magnetfeldführeinrichtungen um die Steuerscheibe herum kann eine im Wesentlichen gleichförmige Befestigungskraft auf den magnetischen Probenhalter oder Probenkörper ausgeübt werden.

Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel kann der Steuerkörper anders als als Steuerscheibe ausgebildet sein. So ist es gemäß einem solchen alternativen Ausführungsbeispiel zum Beispiel möglich, eine lineare Anordnung von Magnetschlössern mit einer Steuerstange zu betätigen. Eine solche Steuerstange kann beispielsweise auf mehrere Magnetfeldschalteinrichtungen von mehreren linear angeordneten Haltevorrichtungen simultan einwirken.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Rastersondenmikroskop eine Messsonde aufweisen, die zum rasternden Abtasten der Oberfläche des Probenkörpers an dem magnetischen Probenhalter oder direkt an der Aufnahmeeinrichtung eingerichtet ist. Auf diese Weise kann die Messspitze oder Messsonde die Oberfläche des Probenkörpers abrastern und dadurch Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit des Probenkörpers liefern.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Rastersondenmikroskop als Rasterkraftmikroskop ausgebildet sein. Das Rasterkraftmikroskop, auch atomares Kraftmikroskop oder Atomkraftmikroskop (AFM) genannt, ist ein spezielles Rastersondenmikroskop. Es dient als Werkzeug in der Oberflächenchemie bzw. in der Oberflächencharakterisierung und fungiert zur mechanischen Abtastung von Oberflächen und der Messung atomarer Kräfte auf der Nanometerskala.

Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Rastersondenmikroskop mit einer Haltevorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 2 zeigt eine dreidimensionale Ansicht einer als Magnetschloss ausgebildeten Haltevorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 3 zeigt eine vertikale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung gemäß Figur 2 in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Figur 4 zeigt eine horizontale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung gemäß Figur 2 in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Figur 5 zeigt die horizontale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung gemäß Figur 4 in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus.

Figur 6 zeigt eine Haltevorrichtung mit einer Anordnung mehrerer Magnetfeldschalteinrichtungen und Magnetfeldführeinrichtungen gemäß Figur 2 bis Figur 5 in Kombination mit einem Steuerkörper zum simultanen Betätigen aller Magnetfeldschalteinrichtungen in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus.

Figur 7 zeigt die Anordnung von Figur 6 in einem anderen Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Figur 8 zeigt eine schematische Seitenansicht einer Haltevorrichtung gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Figur 9 zeigt die Haltevorrichtung gemäß Figur 8 in einem anderen Schaltzustand gemäß einem Freigabenmodus, der mittels Hinzufügen einer Komponente der Magnetfeldschalteinrichtung eingestellt wird.

Figur 10 zeigt eine Querschnittsansicht einer Haltevorrichtung gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel mit zwei Permanentmagneten einer Magnetfeldschalteinrichtung in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Figur 11 zeigt eine Querschnittsansicht der Haltevorrichtung gemäß Figur 10 in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus.

Figur 12 zeigt eine schematische Darstellung einer Haltevorrichtung gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 13 zeigt eine schematische Darstellung einer Haltevorrichtung gemäß einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 14 veranschaulicht schematisch eine Schaltprozedur einer Haltevorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 15 veranschaulicht für das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 bis Figur 5 eine schematische Darstellung entsprechend Figur 12.

Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

Bevor bezugnehmend auf die Figuren exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden, sollen noch einige allgemeine Aspekte der Erfindung und der zugrundeliegenden Technologien erläutert werden:

Um eine zu vermessende Probe, die auch als Probenkörper bezeichnet wird, alleine oder samt einem Probenhalter auf einer Proben-Plattform zu fixieren, wird bei herkömmlichen Rastersondenmikroskopen zum Beispiel ein fix eingebauter oder ein manuell lösbarer Permanentmagnet verwendet. Dessen Magnetfeld kann nicht abgeschaltet werden, sodass entweder der Magnet oder der Probenhalter mit hohem Kraftaufwand gegen das magnetische Feld bewegt werden muss. Insbesondere im Falle von großen Probenhaltern werden die magnetischen Anziehungskräfte so groß, dass ein einfaches Abziehen bzw. Abheben nur noch mit hohem Kraftaufwand oder gar nicht mehr möglich ist.

Alternativ werden herkömmlich Elektromagneten verwendet, deren Anziehungskraft eingeschaltet bzw. ausgeschaltet werden kann. Neben den hohen Kosten und der aufwändigen Verkabelung besteht ein weiterer Nachteil einer solchen Konfiguration in einem unerwünschten Temperaturanstieg durch den Haltestrom.

Ferner werden auch Vakuum-Ansaug-Mechanismen verwendet, um einen Probenhalter an einer Montagebasis eines Rastersondenmikroskops zu befestigen. Diese sind aber aufwändig und teuer, benötigen zusätzliche

Schlauchleitungen und verursachen darüber hinaus Vibrationen, welche wiederum die Messungen in besonders unerwünschter Weise verfälschen können.

Ausgehend von solchen herkömmlichen Ansätzen schafft ein Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Haltevorrichtung, mit der ein magnetischer Probenhalter oder ein magnetischer Probenkörper sicher, stabil und ohne störenden Einfluss auf eine Messung auf einer Plattform fixiert werden kann, und bei welcher der Probenhalter oder Probenkörper nach Durchführung der Messung leicht und sicher entfernt werden kann.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann mindestens ein in einer Proben-Plattform befindlicher Permanentmagnet einer Magnetfeldschalteinrichtung zwischen mindestens zwei definierten, voneinander klar abgegrenzten Schaltpositionen hin und her bewegt werden. Durch geeignete Anordnung von einer oder mehreren ferromagnetischen Komponenten, zwischen denen sich ein nicht-magnetisches Material (zum Beispiel ein Luftspalt) befindet, laufen die magnetischen Feldlinien in einer ersten Position, die einem Haltmodus entsprechen kann, durch den Probenhalter oder Probenkörper und fixieren ihn. In einer zweiten Position, die einem Freigabemodus entsprechen kann, kann den magnetischen Feldlinien ein alternativer Pfad durch ein ebenfalls ferromagnetisches Material vorgegeben werden, sodass in diesem Modus keine oder eine nur sehr geringe magnetische Anziehungskraft auf den Probenhalter oder Probenkörper wirkt. Der magnetische Probenhalter oder Probenkörper kann in dem Freigabemodus mühelos entfernt werden, wohingegen er in dem Haltemodus mit einer starken Magnetkraft an einer Aufnahmeeinrichtung der Haltevorrichtung befestigt ist.

Gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung kann eine solche Haltevorrichtung auf eine beliebige Messeinrichtung angewendet werden, bei der es darauf ankommt, einen Probenhalter oder Probenkörper während einer Messung stabil zu fixieren und ihn danach leicht zu lösen. Besonders vorteilhaft ist es aber, eine solche Haltevorrichtung für ein Rastersondenmikroskop einzusetzen, da die vibrationsfreie, erwärmungsfreie sowie stabile und

zuverlässige Betriebsweise Anforderungen der Rastersondenmikroskopie besonders gut erfüllt.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist somit eine Haltevorrichtung zum lösbaren Fixieren eines Probenkörpers bzw. eines Probenhalters mittels magnetischer Kraftwirkung geschaffen, bei der folgende Komponenten zum Einsatz kommen können:

- eine Grundplatte oder Montageplatte, an der eine Aufnahmeeinrichtung zum Aufnehmen eines Probenhalters oder Probenkörper vorgesehen sein kann und die auch als Probenplattform bezeichnet werden kann; eine Magnetfeldführeinrichtung und eine Magnetfeldschalteinrichtung können in Wirkverbindung mit der Aufnahmeeinrichtung gebracht sein und am Erzeugen und räumlichen Führen einer magnetischen Haltekraft beteiligt sein
- einen Probenhalter, der als Probenplatte ausgebildet sein kann und
- mindestens ein Permanentmagnet, der zum Beispiel die Magnetfeldschalteinrichtung oder einen Teil davon bilden kann

Mit einer solchen Anordnung kann ein Fixieren bzw. Lösen des magnetischen Probenhalters oder Probenkörpers durch eine Relativbewegung zwischen dem Permanentmagneten und der Aufnahmeeinrichtung ermöglicht werden, mit welcher ein Alternativschluss des Magnetfeldes hergestellt werden kann.

Auch wenn eine solche Haltevorrichtung für verschiedenste Messgeräte zum Einsatz kommen kann, ist es gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung besonders vorteilhaft, eine solche Haltevorrichtung für ein Scanning Probe Microscope (SPM) bzw. ein Atomic Force Microscope (AFM) anzuwenden, da die besonderen Vorteile der Haltevorrichtung bei einer solchen Anwendung besonders stark zur Geltung kommen.

Zum Beispiel kann die beschriebene Bewegung des Magneten linear oder näherungsweise linear erfolgen. Dies ermöglicht mit Vorteil eine Bewegung zwischen klar voneinander getrennten Schaltpositionen, die durch eine Magnetbarriere voneinander getrennt sind.

Eine Verschiebung gegen eine Federkraft ist zwar nicht zwingend erforderlich, aber höchst vorteilhaft. Grundsätzlich kann der Magnet auch ohne Vorspanneinrichtung vor- und zurückbewegt werden (zum Beispiel durch Drücken bzw. Ziehen). Insbesondere bei der gemäß Figur 6 und Figur 7 dargestellten Ausführungsform, bei welcher ein Vorschub mittels eines gedrehten Keils (insbesondere eines vorzugsweise als Steuerscheibe ausgebildeten Steuerkörpers) erfolgt, ist aber ein Zurückbewegen in die Ausgangslage besonders bequem, einfach und präzise über Federkräfte oder andere Vorspannkräfte zu bewerkstelligen. In einer alternativen Ausführungsform wäre es zum Beispiel möglich, auf der anderen Seite einen Gegenkeil vorsehen, der dann eine Rückwärtsbewegung bewirken würde. Mit Vorteil kann ein Zustand „Probenhalter oder Probenkörper fixiert" (entsprechend dem oben beschriebenen Haltemodus) bei entspannter Feder gegeben sein. Dies bedeutet, dass dann zum Lösen des Probenhalters oder Probenkörper aktiv gegen die Federkraft gearbeitet wird, d.h. der Magnet gegen die Feder vorgeschoben wird. Dadurch ist sichergestellt, dass sich der magnetische Probenhalter bzw. ein magnetischer Probenkörper nicht unerwünscht von der Haltevorrichtung ablöst, da hierfür das aktive Überwinden der Vorspannkraft erforderlich ist.

Besonders vorteilhaft können gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mehrere Haltevorrichtungen in einer regelmäßigen Anordnung vorgesehen werden (siehe zum Beispiel Figur 6 und Figur 7). Damit ist sowohl eine Erhöhung der Haltekraft als auch eine besonders gleichmäßige oder homogene Haltekraft möglich.

Figur 1 zeigt ein Scanning Probe Microscope (SPM) oder Rastersondenmikroskop 1 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, das als Rasterkraftmikroskop (Atomic Force Microscope, AFM) ausgebildet ist.

Bei dem Rastersondenmikroskop 1 wird ein Cantileverausschlag, d.h. eine Positionsveränderung bzw. eine Formänderung einer Messsonde 11 (die auch als Cantilever bezeichnet wird), mithilfe einer optischen Sensorik detektiert. Dabei

sendet eine elektromagnetische Strahlungsquelle 2 (zum Beispiel eine Laserquelle) einen elektromagnetischen Primärstrahl 13 (insbesondere einen Lichtstrahl) über eine Fokusierungseinrichtung 12 (die als Anordnung von einer oder mehreren optischen Linsen ausgebildet sein kann) auf die Messsonde 11. Der von der Messsonde 11 reflektierte elektromagnetische Sekundärstrahl 3 propagiert zu einem foto- und positionssensitiven Detektor 10 (insbesondere kann der elektromagnetische Sekundärstrahl 3 mittels eines Umlenkspiegels 14 oder eines anderen optischen Umlenkelements auf den positionssensitiven Detektor 10 umgelenkt werden). Wird die Messsonde 11 über einen Aktor 4 (der eine Positionsveränderung in der gemäß Figur 1 vertikalen z-Richtung bewerkstelligen kann) in Bewegung gebracht und/oder verändert die Messsonde 11 ihre Form, kann eine Veränderung des Laserlichts am positionssensitiven Detektor 10 detektiert werden. Je nach Wechselwirkung einer Messspitze 5 (auch als Cantileverspitze bezeichnet) der Messsonde 11 mit einem zu untersuchenden bzw. zu charakterisierenden Probenkörper 6 auf einem Probenhalter 52 an oder in einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Ausschlag der Messsonde 11 variieren und ein dazugehöriger Bereich am Detektor 10 vom elektromagnetischen Sekundärstrahl 3 getroffen. Das Detektorsignal kann dann in einer Auswerteeinheit 8 verarbeitet werden. Das entstehende hochauflösende Bild der Oberfläche des Probenkörpers 6 kann dann mittels einer Anzeigevorrichtung 9 dargestellt werden. Eine Oberfläche des Probenkörpers 6 kann mit der Messspitze 5 (d.h. einer empfindlichen Spitze der Messsonde 11) abgerastert werden. Ein Probentisch 17 ist in der gemäß Figur 1 horizontalen Ebene (d.h. in einer zu der z-Achse orthogonalen x-Richtung und y-Richtung) mittels Aktoren 18 bewegbar. Das Rastersondenmikroskop 1 dient somit zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich des Probenkörpers 6 mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probenkörpers 6 mittels der Messsonde 11.

Die bereits angesprochene Haltevorrichtung 50 zum lösbaren Halten des magnetischen Probenhalters 52 mit dem daran angebrachten Probenkörper 6 ist

aus einer Aufnahmeeinrichtung 54, einer Magnetfeldführeinrichtung 56 und einer Magnetfeldschalteinrichtung 58 aufgebaut. Exemplarische Ausführungsbeispiele der Haltevorrichtung 50 werden bezugnehmend auf Figur 2 bis Figur 15 näher beschrieben. Alternativ zum Vorsehen eines Probenkörpers 6 an dem magnetischen Probenhalter 52 ist es auch möglich, einen magnetischen Probenkörper 6 direkt (d.h. ohne Probenhalter 52) an der Aufnahmeeinrichtung 54 anzubringen. Die magnetische Haltekraft wirkt dann zwischen dem magnetischen Probenkörper 6 und der Haltevorrichtung 50.

Figur 2 zeigt eine dreidimensionale Ansicht einer als Magnetschloss ausgebildeten Haltevorrichtung 50 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. **Figur 3** zeigt eine vertikale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 2 in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus. **Figur 4** zeigt eine horizontale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 2 in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus. **Figur 5** zeigt die horizontale Querschnittsansicht der Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 4, nun aber in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus.

Die Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 2 bis Figur 5 dient zum lösbaren Halten eines ein magnetisches Material aufweisenden Probenhalters 52, auf dem eine zu vermessene Probe angeordnet sein kann oder der die zu vermessene Probe darstellen kann (siehe Figur 1, nicht dargestellt in Figur 2 bis Figur 5). Die Haltevorrichtung 50 kann besonders vorteilhaft in einem Rastersondenmikroskop 1 implementiert werden, wie jenem gemäß Figur 1.

Die Haltevorrichtung 50 weist eine in Figur 2 ebenfalls nicht dargestellte Aufnahmeeinrichtung 54 (siehe Figur 1) auf, die zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters 52 ausgebildet ist. Die Aufnahmeeinrichtung 54 befindet sich anschaulich oberhalb der Komponenten der Haltevorrichtung 50, wie sie in Figur 2 dargestellt ist. Die Aufnahmeeinrichtung 54 kann zum Beispiel eine Vertiefung oder ein in sonstiger Weise strukturell definierter oder räumlich abgegrenzter Oberflächenbereich eines Probentisches 17 oder einer sonstigen

Montageplattform für einen Probenhalter 52 sein. In einem einfachen Fall wird die Aufnahmeeinrichtung zum Beispiel durch die dem Probenhalter 52 bzw. Probenkörper 6 zugewandte Fläche der Haltevorrichtung 50 gebildet. Ein Benutzer kann einen Probenhalter 52 mit einem darauf oder daran angeordneten, zu vermessenen Probenkörper 6 an der Aufnahmeeinrichtung 54 montieren.

Eine in dem gezeigten Ausführungsbeispiel in Bezug auf den Probentisch 17 ortsfest und unbeweglich konfigurierte Magnetfeldführeinrichtung 56 kann ganz oder teilweise aus einem magnetischen Material (zum Beispiel ferromagnetischen Material) gebildet sein und ist in Wirkverbindung mit der Aufnahmeeinrichtung 54 positioniert. Die Magnetfeldführeinrichtung 56 dient in einem Haltemodus zum räumlichen Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung 54. In Konsequenz dessen ermöglicht diese Haltekraft ein magnetisches Halten des an der Aufnahmeeinrichtung 54 aufgenommenen magnetischen Probenhalters 52.

Ferner ist bei der Haltevorrichtung 50 eine in dem gezeigten Ausführungsbeispiel teilweise aus einem permanentmagnetischen Material (zum Beispiel ferromagnetischen Material) gebildete und beweglich konfigurierte Magnetfeldschalteinrichtung 58 vorgesehen. Die Magnetfeldschalteinrichtung 58 ist eingerichtet, zwischen zwei Relativpositionen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung 56 und der Magnetfeldschalteinrichtung 58 zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen. In dem Freigabemodus ist der magnetische Probenhalter 52 zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung 54 freigegeben, da das im Haltemodus durch den Probenhalter 52 hindurchlaufende und diesen anziehende Magnetfeld nun von dem Probenhalter 52 räumlich weggeführt ist und keine oder keine nennenswerte magnetische Anziehungskraft mehr auf den Probenhalter 52 ausübt. Die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 wirken derart miteinander zusammen, dass sie selektiv zwischen den zwei Relativpositionen relativ zueinander schaltbar sind. Dabei entspricht eine erste

Relativposition, die in Figur 2 bis Figur 4 dargestellt ist, einem Haltemodus, in dem der magnetische Probenhalter 52 mittels einer entsprechend erzeugten Magnetkraft an der Aufnahmeeinrichtung 54 magnetisch befestigt ist. Diese Magnetkraft wird durch ein Zusammenspiel zwischen der Magnetfeldführeinrichtung 56 und der Magnetfeldschalteinrichtung 58 generiert und räumlich gesteuert. Eine zweite Relativposition, die in Figur 5 dargestellt ist, entspricht hingegen einem Freigabemodus der Haltevorrichtung 50. In diesem Freigabemodus ist im Unterschied zu dem Haltemodus der magnetische Probenhalter 52 zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung 54 freigegeben, da keine anziehende Magnetkraft mehr auf ihn wirkt. Dies wird durch ein Zusammenspiel zwischen der Magnetfeldführeinrichtung 56 und der Magnetfeldschalteinrichtung 58 in der zweiten Relativposition bewerkstelligt, in der ein von der Magnetfeldschalteinrichtung 58 erzeugtes Magnetfeld anschaulich räumlich umgelenkt ist, um im Bereich der Aufnahmeeinrichtung 54 kein nennenswertes Magnetfeld mehr zu erzeugen. Dadurch ist es einem Benutzer im Freigabemodus ohne großen Kraftaufwand ermöglicht, den Probenhalter 52 von der Haltevorrichtung 50 abzunehmen.

Wie ein Vergleich zwischen Figur 4 und Figur 5 zeigt, sind die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 eingerichtet, die Haltevorrichtung 50 mittels linearen horizontalen Längsverschiebens der Magnetfeldschalteinrichtung 58 zwischen den zwei Relativpositionen zu schalten. In dem Zustand gemäß Figur 4, der sich ohne Aufbringen einer externen mechanischen Kraft einstellt, drängt bzw. zwingt eine hier als Spiralfeder ausgebildete Vorspanneinrichtung 64 die Haltevorrichtung 50 in den Haltemodus. Die Vorspanneinrichtung 64 kann also als (zum Beispiel mechanische) Rückstellfeder realisiert sein, die zum mechanischen Vorspannen der Magnetfeldschalteinrichtung 58 in den Haltemodus montiert ist. Erst durch Überwindung der von der Vorspanneinrichtung 64 auf die Magnetfeldschalteinrichtung 58 aufgebrachten Vorspannkraft (wobei das Überwinden zum Beispiel durch das Aufbringen von Muskelkraft oder maschinell

bewerkstelligt werden kann) und ein Vorschieben der Magnetfeldschalteinrichtung 58 bis zu einer vorderen Anschlagsposition innerhalb einer Aussparung 62 entgegen der Vorspannkraft kann die Freigabeposition aktiviert werden. Auf diese Weise ist sowohl die Halteposition (Zustand der Haltevorrichtung 50 ohne externe Krafteinwirkung) als auch die Freigabeposition (Vorschieben der Magnetschalteinrichtung 58 gegen die Federkraft bis zum vorderen Anschlag) wohldefinierten räumlichen Positionen der Komponenten der Haltevorrichtung 50 zugeordnet.

Mit Vorteil sind die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 eingerichtet, rein mechanisch zwischen den zwei Relativpositionen zu schalten bzw. geschaltet zu werden. Somit ist zum Schalten der Haltevorrichtung 50 keine elektrische Antriebsenergie und keine Vakuumkraft erforderlich, sodass es weder zu einer unerwünschten Erwärmung während des Messbetriebs noch zu den Messbetrieb äußerst störenden Vibrationen kommt. Somit kann die Haltevorrichtung 50 energetisch autark und somit kompakt ausgebildet werden. Zum Überführen der Haltevorrichtung 50 zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus ist ein bloßes Verschieben der Magnetfeldschalteinrichtung 58 ausreichend.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 bis Figur 5 sind die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 eingerichtet, in dem Freigabemodus die magnetische Haltekraft zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung 54 aufgenommenen magnetischen Probenhalters 52 an der Aufnahmeeinrichtung 54 abzuschalten. Dies ist anhand von magnetischen Feldlinien 98 zu erkennen, die im Haltemodus gemäß Figur 3 im Bereich der schematisch dargestellten Aufnahmeeinrichtung 54 verlaufen und dort verdichtet sind, wohingegen die magnetischen Feldlinien 98 in dem Freigabemodus gemäß Figur 5 an anderer Stelle verortet sind. Anders ausgedrückt werden in dem Haltemodus die magnetischen Feldlinien 98 durch den Probenhalter 52 an der Aufnahmeeinrichtung 54 hindurchlaufend ausgebildet, wohingegen in dem Freigabemodus die magnetischen Feldlinien 98 durch einen alternativen Pfad

hindurch laufend ausgebildet und von der Aufnahmeeinrichtung 54 weggekrümmt werden. Die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 bilden also in dem Haltemodus einen Magnetschluss durch den Probenhalter 52 an der Aufnahmeeinrichtung 54 aus, und bilden in dem Freigabemodus einen alternativen Magnetschluss an dem Probenhalter 52 an der Aufnahmeeinrichtung 54 vorbei aus. Somit ist die Magnetfeldschalteinrichtung 58 als magnetische Flussquelle eingerichtet, deren magnetischer Fluss mittels Schaltens zwischen den zwei Relativpositionen gemäß Figur 2 bis Figur 4 einerseits und gemäß Figur 5 andererseits durch zwei unterschiedliche magnetische Pfade führbar ist, die mittels der Form der Magnetfeldführeinrichtung 56 definiert sind.

Vorteilhaft sind die Magnetfeldführeinrichtung 56 und die Magnetfeldschalteinrichtung 58 so ausgebildet, dass während des Überführens zwischen den zwei Relativpositionen eine Summe der magnetischen Widerstände der beiden magnetischen Pfade im Wesentlichen konstant ist. Auf diese Weise kann der Übergang zwischen Figur 4 und Figur 5 kraftarm realisiert werden, da im Wesentlichen nur die Vorspannkraft der Vorspanneinrichtung 62 überwunden werden muss, aber keine nennenswerte zusätzliche Arbeit zum Umkonfigurieren der Verteilung der magnetischen Feldlinien 98 verrichtet werden muss.

Figur 2 bis Figur 5 ist darüber hinaus zu entnehmen, dass dem Freigabemodus eine zugehörige Anschlagposition der Magnetfeldschalteinrichtung 58 an einer Stirnfläche der Aussparung 62 im Inneren der Magnetfeldführeinrichtung 56 zugeordnet ist. Dies erlaubt eine präzise Einsteuerung des Freigabemodus, da ein Benutzer bei Überführen der Magnetfeldschalteinrichtung 58 in den Freigabemodus eine haptische Rückmeldung erhält, wenn diese Überführung abgeschlossen ist.

Genauer gesagt ist die Magnetfeldführeinrichtung 56 gemäß Figur 2 bis Figur 5 als scheibenförmiger ferromagnetischer Magnetschuh 66 mit einer als schlitzförmiges Durchgangsloch ausgebildeten Aussparung 62 konfiguriert. In entsprechender Weise weist die Magnetfeldschalteinrichtung 58 einen

Magnetschlitten 68 auf, der zum Längsverfahren innerhalb der Aussparung 62 montiert ist. Der Magnetschuh 66 weist im Wesentlichen senkrecht zu einer Verfahrrichtung des Magnetschlittens 68 eine mittels eines nichtmagnetischen Materials definierte Magnetbarriere 70 auf, die in dem dargestellten Ausführungsbeispiel als ein Paar Luftspalte 71 ausgebildet ist. Präziser ausgedrückt ist eine Barriere für ein magnetisches Feld durch eine jeweilige Dünnstelle 96 zwischen den Luftspalten 71 und dem Rand des Magnetschuhs 66 gebildet.

Wie am besten in Figur 3 zu erkennen ist, weist der Magnetschuh 66 auf einer der Aufnahmeeinrichtung 54 zugewandten ebenen Oberfläche zwei Polüberstände 72 (die auch als Pole bezeichnet werden können) aus magnetischem Material auf. Die Magnetbarriere 70 und die Polüberstände 72 dienen zum Steuern eines Verlaufs der magnetischen Feldlinien 98 bzw. von deren Wanderungsbewegung beim Überführen der Haltevorrichtung 50 zwischen dem Haltemodus und dem Freigabemodus.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel enthält der Magnetschlitten 68 einen permanentmagnetischen Block 76, an den beidseitig nichtmagnetisches Material 78 des Magnetschlittens 68 angeformt ist. Der permanentmagnetische Block 76 und das nichtmagnetische Material 78 bilden gemeinsam den kolbenartigen Magnetschlitten 68, der mittels Muskelkraft und mittels der Vorspannkraft der Vorspanneinrichtung 64 in der Aussparung 62 hin und her bewegt werden kann.

Die in Figur 2 bis Figur 5 gezeigte Baugruppe kann als Magnetschloss bezeichnet werden. Sie ist gebildet aus dem ferromagnetischen Magnetschuh 66, der den magnetischen Fluss lenkt oder führt, dem Magnetschlitten 68, der den permanentmagnetischen Block 76 beinhaltet, und der als Rückstellfeder ausgebildeten Vorspanneinrichtung 64.

Figur 3 und Figur 4 zeigen das Magnetschloss im Schnitt. Der permanentmagnetische Block 76 erzeugt bzw. verursacht ein magnetisches Feld, das durch die Geometrie des Magnetschuhs 66 zum überwiegenden Teil über die

beiden Pole bzw. Polüberstände 72 geleitet wird (Hauptfeld). Bringt man nun beide Polüberstände 72 in Kontakt mit einem ferromagnetischen Probenhalter 52 oder Probenkörper 6, entsteht hier eine magnetische Anziehungskraft. Ein kleiner Teil des Feldes wird über die Magnetbarriere 70 (bzw. Dünnstelle 96) und den Nebenschluss 94 geleitet (dies kann als Nebenfeld bezeichnet werden). Dieser geringe und häufig vernachlässigbare Teil ist für die Generierung der Haltekraft verloren.

Wird nun aber der Magnetschlitten 68 samt permanentmagnetischem Block 76 gegen die Rückstellkraft der Vorspanneinrichtung 64 an der Magnetbarriere 70 (bzw. Dünnstelle 96) vorbeigeschoben, kehrt sich die Feldverteilung um. Dies ist in Figur 5 dargestellt. Da sich für das Nebenfeld nun ein Pfad über den Nebenschluss 94 ergibt, der nicht mehr über die Magnetbarriere 70 (bzw. Bezugszeichen 96) führt, wird dieser Teil des Feldes bestimmend. Das Hauptfeld hingegen wird vernachlässigbar. Die magnetische Anziehungskraft zwischen Probenhalter 52 oder Probenkörper 6 und Magnetschloss verschwindet.

Während der Verschiebung des Magnetschlittens 68 inklusive dem permanentmagnetischen Block 76 zwischen den beiden gezeigten Lagen bzw. Relativanordnungen gemäß Figur 4 und Figur 5 bleibt die Summe des magnetischen Widerstands der beiden Pfade für das Haupt- und das Nebenfeld näherungsweise gleich. Folglich ist zum Verschieben des permanentmagnetischen Blocks 76, abgesehen von der Federkraft der als Rückstellfeder ausgebildeten Vorspanneinrichtung 64, beinahe keine Aktuationskraft notwendig.

Mit dem gemäß Figur 2 bis Figur 5 beschriebenen Ausführungsbeispiel ist eine Fixierung eines Probenhalters 52 ohne Störeinfluss auf die AFM-Messung aufgrund einer unerwünschten Temperaturänderung (wie zum Beispiel bei einem Einsatz eines Haltestrom-Elektromagneten) und/oder unerwünschter Vibrationen (wie zum Beispiel im Falle einer Vakuumbefestigung) ermöglicht.

Wie Figur 2 bis Figur 5 ferner zu entnehmen ist, ist mit der gezeigten Konfiguration eine lineare Aktuierung des Magnetschlosses ermöglicht. Dies erlaubt eine einfache Bedienung und eine einfache Konstruktion. Das Magnetschloss in Form der Haltevorrichtung 50 kann zudem autark betrieben werden, sodass insbesondere keine elektrische Verkabelung oder Vakuumschlauchleitung notwendig ist.

Figur 6 zeigt eine Haltevorrichtung 50 mit einer Anordnung mehrerer Magnetfeldschalteinrichtungen 58 und Magnetfeldführeinrichtungen 56 gemäß Figur 2 bis Figur 5 in Kombination mit einem gemeinsamen Steuerkörper 90 zum simultanen Betätigen aller Magnetfeldschalteinrichtungen 58 in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus. **Figur 7** zeigt die Anordnung von Figur 6 in einem anderen Schaltzustand gemäß einem Haltemodus.

Wie in Figur 6 und Figur 7 dargestellt, weist die dort gezeigte Haltevorrichtung 50 mehrere Magnetfeldführeinrichtungen 56 gemäß Figur 2 bis Figur 5 und mehrere damit zusammenwirkende Magnetfeldschalteinrichtungen 58 gemäß Figur 2 bis Figur 5 auf. Die Magnetfeldführeinrichtungen 56 sowie die zugehörigen Magnetfeldschalteinrichtungen 58 sind somit eingerichtet, alle gemeinsam auf dieselbe Aufnahmeeinrichtung 54 und somit auf denselben Probenhalter 52 oder Probenkörper 6 (beides nicht in Figur 6 und Figur 7 dargestellt) einzuwirken. Zu diesem Zweck weist die Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 6 und Figur 7 einen als Steuerscheibe ausgebildeten Steuerkörper 90 auf, der zum Beispiel motorisch oder mittels Muskelkraft in Drehbewegung versetzt werden kann. Bei Drehung um einen bestimmten Winkel wirken dann radial außenseitige Bereiche des Steuerkörpers 90 als Mitnehmer gleichzeitig bzw. simultan auf alle Magnetfeldschalteinrichtungen 58 ein, um diese in den Freigabemodus zu bringen (siehe Figur 6). Um alle Magnetfeldschalteinrichtungen 58 in den Haltemodus zu bringen (siehe Figur 7), wird der Drehwinkel des Steuerkörpers 90 so eingestellt, dass von dem Steuerkörper 90 keine Kraft gegen die Vorspanneinrichtung 64 aufgebracht wird. Somit ist gemäß Figur 6 und Figur 7 der Steuerkörper 90 als Steuerscheibe bzw.

Steuerring ausgebildet. Dieser Steuerkörper 90 ist drehantreibbar, um dadurch simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtungen 58 einzuwirken, die gemeinsam mit den Magnetfeldführeinrichtungen 56 zum Teil umfänglich um die Steuerscheibe herum angeordnet sind. Ein weiteres Paar aus einer funktionell zusammengehörigen Magnetfeldführeinrichtung 56 und einer zugeordneten Magnetfeldschalteinrichtung 58 ist im Zentrum der Anordnung gemäß Figur 6 und Figur 7 positioniert, d.h. in einer zentralen Aussparung des Steuerrings. Auf die zuletzt genannte Magnetfeldschalteinrichtung 58 wirkt ein als Mitnehmer fungierender Überstand an einem Innenradius des Steuerrings ein. Mit der Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 6 und Figur 7 ist mit einer platzsparenden und einfach ansteuerbaren Konfiguration eine hohe Haltekraft erreichbar.

Um also eine besonders hohe Anziehungskraft und eine besonders gleichmäßige Kraftverteilung über größere Probenhalter 52 hinweg zu gewährleisten, können zum Beispiel in der in Figur 6 und Figur 7 gezeigten Weise mehrere Magnetschlösser im Verbund eingesetzt werden. Die Baugruppen (von denen jede eine Magnetfeldführeinrichtung 56 und eine zugeordnete Magnetfeldschalteinrichtung 58 aufweist) werden über eine gemeinsame Steuerscheibe in Form des Steuerkörpers 90 gelenkt. Wird der Steuerkörper 90 verdreht, führt das zu einem weitestgehend simultanen Einfahren bzw. Ausfahren der Magnetschlitten 68 an allen Magnetschlössern und somit zu einem gleichzeitigen Ein- bzw. Ausschalten der Anziehungskräfte. Somit ist gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 6 und Figur 7 eine diskret einstellbare Haltekraft mittels einer Parallelschaltung von N Magnetschlössern ermöglicht, wobei N jede ganze Zahl größer oder gleich zwei sein kann.

Figur 8 zeigt eine schematische Seitenansicht einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus. **Figur 9** zeigt die Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 8 in einem anderen Schaltzustand gemäß einem Freigabenmodus, der mittels Hinzufügens bzw. räumlichen Heranfahrens der Magnetfeldschalteinrichtung 58 eingestellt wird.

Somit ist gemäß Figur 8 und Figur 9 die Haltevorrichtung 50 eingerichtet, mittels Anfügens eines Zusatzmagnetabschnitts 84, der hier die Magnetfeldschalteinrichtung 58 bildet, an einen Grundmagnetabschnitt 86, der hier die Magnetfeldführeinrichtung 56 bildet, zwischen den zwei Relativanordnungen, insbesondere vom Haltemodus (siehe Figur 8) in den Freigabemodus (siehe Figur 9), zu schalten. Um die Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 8 und Figur 9 zwischen den beiden gezeigten Relativanordnungen zu überführen, wird durch Bewegen der Magnetfeldschalteinrichtung 58 der magnetische Kreis entsprechend der magnetischen Feldlinien 98 umgeleitet. Gemäß Figur 8 verläuft der magnetische Kreis der magnetischen Feldlinien 98 durch den magnetischen Probenhalter 52 und zieht diesen somit magnetisch an. Gemäß Figur 9 ist der magnetische Kreis der magnetischen Feldlinien 98 mittels Hinzufügens der Magnetfeldschalteinrichtung 58 zu der Magnetfeldführeinrichtung 56 umgeleitet und von dem Probenhalter 52 weggeleitet, sodass die magnetische Haltekraft auf den magnetischen Probenhalter 52 abgeschaltet ist. Zu beachten ist, dass bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 und Figur 9 der permanentmagnetische Block 76 einen Teil der Magnetfeldführeinrichtung 56 (und hier nicht der Magnetfeldschalteinrichtung 58) bildet, sodass die Funktion der Magnetfelderzeugung gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Magnetfeldführeinrichtung 56 obliegt.

Wird, wie in Figur 8 und Figur 9 dargestellt, ein Nebenschluss mit deutlich geringerem magnetischen Widerstand bereitgestellt, reduziert das ebenfalls den magnetischen Fluss durch den Probenhalter 52.

Da bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 8 und Figur 9 (im Gegensatz zu den Ausführungsbeispielen gemäß Figur 2 bis Figur 7, Figur 10 bis Figur 15) eine nicht unerhebliche Erhöhung des magnetischen Widerstands des Gesamtsystems auftritt, muss gemäß Figur 8 und Figur 9 eine mechanische Kraft eingesetzt werden, die in der Größenordnung der Haltekraft liegt.

Figur 10 zeigt eine Querschnittsansicht einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel mit zwei permanentmagnetischen Blöcken 76 einer Magnetfeldschalteinrichtung 58 in einem Schaltzustand gemäß einem Haltemodus. **Figur 11** zeigt eine Querschnittsansicht der Haltevorrichtung 50 gemäß Figur 10 in einem Schaltzustand gemäß einem Freigabemodus.

Als weitere Alternative, vergleiche Figur 10 und Figur 11, kann das Magnetschloss in der Form ausgestaltet sein und betrieben werden, dass das magnetische Feld nicht ein- und ausgeschaltet wird, sondern die Polarität des ausgehenden magnetischen Feldes umgekehrt wird. Wird der Magnetschlitten 68 entsprechend Figur 10 und Figur 11 mit einem zweiten, umgekehrt polarisierten Permanentmagneten (d.h. mit einem zusätzlichen permanentmagnetischen Block 76) ausgestattet, kann durch Verschieben des Magnetschlittens 68 die Polarisation der Pole bzw. Polüberstände 72 des Magnetschlosses bzw. der Haltevorrichtung 50 umgekehrt werden. In Kombination mit einem weiteren Permanentmagneten am Probenhalter 52 (vergleiche zum Beispiel die rechte Seite von Figur 12) kann so von Anziehung auf Abstoßung umgeschaltet werden.

Allgemein soll klargestellt werden, dass die Haltevorrichtung 50 gemäß allen exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung wahlweise zwischen genau zwei Schaltzuständen (d.h. dem Haltemodus und den Freigabemodus) betrieben werden kann, oder alternativ zwischen mindestens zwei Schaltzuständen betrieben werden kann. Bei Vorsehen von genau drei Schaltzuständen kann zum Beispiel zwischen einem Haltemodus mit einer anziehenden Magnetkraft, einem Freigabemodus mit einer an der Aufnahmeeinrichtung im Wesentlichen oder vollständig verschwindenden Magnetkraft und einem Abstoßmodus mit einer an der Aufnahmeeinrichtung abstoßend wirkenden Magnetkraft geschaltet werden. Bei Vorsehen von drei oder sogar mehr Schaltzuständen kann eine Haltevorrichtung auch mehrere Aufnahmebereiche bzw. mehrere Probenhalter 52 bzw. mehrere Probenkörper 6

bedienen (siehe zum Beispiel die im Weiteren beschriebene Figur 12) und/oder weitere Funktionen wahrnehmen.

Figur 12 zeigt eine schematische Darstellung einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem anderen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung..

Das Magnetschloss gemäß Figur 12 ist aus zumindest einem Permanentmagneten als permanentmagnetischer Block 76 und zumindest zwei, wahlweise verwendbaren magnetischen Kreisen 81, 83 gebildet. Der permanentmagnetische Block 76 konstituiert ganz oder teilweise die Magnetfeldschalteinrichtung 58 und ist longitudinal verfahrbar, wie mit zwei Pfeilen in Figur 12 dargestellt. Jeder der beiden magnetischen Kreise 81, 83 bildet eine entsprechende Magnetfeldführeinrichtung 56, 56‘. Die Magnetfeldführeinrichtung 56 führt ein Magnetfeld im Bereich eines ersten Probenhalters 52, wohingegen die Magnetfeldführeinrichtung 56‘ ein Magnetfeld im Bereich eines zweiten Probenhalters 52‘ führt. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Probenhalter 52 als magnetischer Probenhalter (zum Beispiel aus einem magnetisierbaren Material) und ist der Probenhalter 52‘ als permanentmagnetischer Probenhalter ausgebildet. Alternativ ist es auch möglich, beide Probenhalter 52, 52‘ aus einem magnetisierbaren (aber zum Beispiel noch nicht magnetisierten) Material auszubilden oder beide Probenhalter 52, 52‘ aus einem permanentmagnetischen Material auszubilden. In Figur 12 ist ferner schematisch dargestellt, dass der permanentmagnetische Block 76 der Magnetfeldschalteinrichtung 58 in vier Schaltpositionen bzw. vier Schaltzuständen befindlich sein kann, die mit (1), (2), (3), (4) bezeichnet sind. Jeder dieser Schaltzustände (1), (2), (3), (4) korrespondiert zu einer jeweiligen Relativanordnung bzw. Relativposition der Magnetfeldschalteinrichtung 58 zu einer jeweiligen der Magnetfeldführeinrichtungen 56, 56‘.

Der Permanentmagnet in Form des permanentmagnetischen Blocks 76 dient als Quelle eines magnetischen Flusses in der Haltevorrichtung 50. Zur Führung dieses Flusses (vergleiche Magnetfeldführeinrichtungen 56, 56‘) werden zumindest zwei verschiedene, konstruktiv voneinander unterscheidbare

magnetische Pfade implementiert. Jeder dieser Pfade besitzt zwei Interfaceflächen oder Schnittstellenflächen, die so gestaltet sind, dass der permanentmagnetische Block 76 zwischen den Schnittstellenflächen der einzelnen Kreise hin und her bewegt werden kann (vgl. auch Figur 15). Wird der permanentmagnetische Block 76 so positioniert, dass die Pole des permanentmagnetischen Blocks 76 mit den Interfaceflächen eines der magnetischen Kreise zusammenfallen, dann wird der überwiegende Teil des magnetischen Flusses durch diesen Kreis geführt. Dieser Kreis (in der Folge als aktiver Kreis bezeichnet) kann seine jeweilige Aufgabe (zum Beispiel den Probenhalter 52 bzw. den Probenhalter 52‘ magnetisch zu fixieren) erfüllen.

Die Kreise können so ausgelegt sein, dass im Betriebszustand die magnetischen Widerstände zweier benachbarter Kreise ähnlich sind. Auf diese Weise ist für das Verschieben des mindestens einen permanentmagnetischen Blocks 76 kaum Kraftaufwand nötig.

Vorzugsweise sind die Interfaceflächen bzw. Schnittstellenflächen deutlich größer als korrespondierende Flächen des mindestens einen permanentmagnetischen Block 76 (vergleiche Figur 15 und die dortige Beschreibung). Auf diese Weise ergeben sich beim Verschieben klar voneinander unterscheidbare und wohl definierte Schaltpositionen bzw. Schaltzustände (1), (2), (3), (4).

Zum Beispiel kann der Schaltzustand (1) einem Nebenschluss des magnetischen Feldes entsprechen. Schaltzustand (2) kann einem Haltemodus des Probenhalters 52 entsprechen. Schaltzustand (3) kann einem Haltemodus des Probenhalters 52‘ entsprechen. Der Schaltzustand (4) kann wiederum einem Nebenschluss des magnetischen Feldes entsprechen.

Exemplarisch sind folgende Funktionen in magnetischen Kreisen möglich:

- Schaltzustand (1): Der magnetische Kreis ist aus einem magnetischen Nebenschluss möglichst geringen Widerstands gebildet. Auf diese Weise kommt es zu keinem nennenswerten Fluss aus dem Mechanismus (Magnet ist abgeschaltet)

- Schaltzustand (2): Die Pole A+ und A- werden polarisiert. Werden sie durch einen ferromagnetischen Probenhalter 52 miteinander verbunden, kommt es zu einem magnetischen Fluss und folglich zu einer Anziehungskraft

- Schaltzustand (3): Die Pole B+ und B- werden polarisiert. Die Kraftwirkung verlagert sich vom Polpaar A auf das Polpaar B. Werden die Pole B+ und B- mit dem magnetischen (insbesondere permanentmagnetischen) Probenhalter 52‘ verbunden, kommt es hier zu einer noch stärkeren Kraftwirkung als beim nur ferromagnetischen Probenhalter 52.

- Schaltzustand (4): Die Pole B+ und B- werden entgegengesetzt polarisiert. Durch die Umkehr der Polarisierung der Pole kommt es nun zu einer abstoßenden Wirkung zwischen dem Mechanismus und dem Probenhalter 52‘.

Figur 13 zeigt eine schematische Darstellung einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. **Figur 14** veranschaulicht schematisch eine Schaltprozedur einer Haltevorrichtung 50 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Die Relativbewegung zwischen dem permanentmagnetischen Block 76 als (zumindest Teil der) Magnetfeldschalteinrichtung 58 und den magnetischen Pfaden kann durch eine Bewegung des permanentmagnetischen Blocks 76 oder der Leitstruktur des Pfades oder einer Kombination beider realisiert werden. Die Relativbewegung kann in Form einer Translation, einer Rotation oder einer Kombination beider erfolgen. Figur 13 veranschaulicht das Beispiel einer Rotation zum Einstellen der unterschiedlichen gezeigten diskreten Schaltzustände. Figur 14 veranschaulicht hingegen das Beispiel einer Translation zum Einstellen unterschiedlicher gezeigter Schaltzustände.

Figur 15 veranschaulicht für das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2 bis Figur 5 Umstände gemäß der schematischen Darstellung entsprechend Figur 12.

In der Umsetzung des oben beschriebenen Prinzips besteht der Mechanismus gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung aus zwei magnetischen Pfaden, wobei ein erster Pfad in Figur 5 mit Bezugszeichen

104 gekennzeichnet ist und ein zweiter Pfad in Figur 3 und Figur 4 mit Bezugszeichen 102 gekennzeichnet ist. Der erste Pfad 104 stellt einen Nebenschluss gemäß Kreis 1 der obigen Beschreibung dar. Der zweite Pfad 102 führt über die Polarisation zweier Polüberstände 72 zur Anziehung eines ferromagnetischen Probenhalters 52 und ist somit die Umsetzung des beschriebenen Kreises 2.

Figur 15 zeigt, dass die Aussparung 62 einen ersten Teilabschnitt ausgehend von einem Sacklochboden der Aussparung 62 bis zu den beiden Schlitzen oder Luftlöchern 71 der Magnetbarriere 70 und einen zweiten Teilabschnitt ausgehend von den beiden Schlitzen oder Luftlöchern 71 der Magnetbarriere 70 bis zu einem offenen Ende der Aussparung 62 aufweist. Die umfängliche Wandung des Magnetschuhs 66, welche die Aussparung 62 begrenzt, ist im ersten Teilabschnitt als erste Schnittstellenfläche 106 bezeichnet. Die umfängliche Wandung des Magnetschuhs 66, welche die Aussparung 62 begrenzt, ist im zweiten Teilabschnitt als zweite Schnittstellenfläche 108 bezeichnet. Eine jeweilige Gegenfläche oder Berührfläche 110 des permanentmagnetischen Blocks 76 der Magnetfeldschalteinrichtung 58, die je nach Betriebsmodus (d.h. Haltemodus oder Freigabemodus) an der ersten Schnittstellenfläche 106 bzw. an der zweiten Schnittstellenfläche 108 anliegt, hat mit Vorteil eine kleinere, insbesondere höchstens halb so große Fläche wie die erste Schnittstellenfläche 106 und hat eine kleinere, insbesondere höchstens halb so große Fläche wie die zweite Schnittstellenfläche 108.

Egal an welchem Teilflächenbereich der ersten Schnittstellenfläche 106 die Berührfläche 110 anliegt, befindet sich die Haltevorrichtung 50 stets im Freigabemodus. In entsprechender Weise befindet sich die Haltevorrichtung 50 im Haltemodus, egal an welchem Teilflächenbereich der zweiten Schnittstellenfläche 108 die Berührfläche 110 anliegt. Anders ausgedrückt ist der Verlauf der magnetischen Feldlinien 98 im Freigabemodus im Wesentlichen unabhängig davon, an welchem Teilflächenbereich der ersten Schnittstellenfläche

106 die Berührfläche 110 anliegt. In entsprechender Weise ist der Verlauf der magnetischen Feldlinien 98 im Haltemodus im Wesentlichen unabhängig davon, an welchem Teilflächenbereich der zweiten Schnittstellenfläche 108 die Berührfläche 110 anliegt. Auf diese Weise ist mit Vorteil ein festes und präzises Einpositionieren des permanentmagnetischen Blocks 76 zum Einstellen eines Schaltzustands entbehrlich. Somit kann ein definierter Schaltzustand selbst bei einer gewissen räumlichen Abweichung des permanentmagnetischen Block 76 von einer Soll-Position sichergestellt bleiben. Befindet sich der permanentmagnetische Block 76 im Bereich der ersten Schnittstellenfläche 106, verlaufen die magnetischen Feldlinien 98 schwerpunktmäßig oder sogar vollständig linksseitig der Schlitze der Magnetbarriere 70 (vergleiche Figur 5). Befindet sich der permanentmagnetische Block 76 hingegen im Bereich der zweiten Schnittstellenfläche 108, verlaufen die magnetischen Feldlinien 98 schwerpunktmäßig oder sogar vollständig rechtzeitig der Schlitze oder Magnetbarriere 70 (vergleiche Figur 4).

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „aufweisend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine" oder „ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Haltevorrichtung (50) zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere für ein Rastersondenmikroskop (1), wobei die Haltevorrichtung (50) aufweist:

eine Aufnahmeeinrichtung (54) zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6);

eine Magnetfeldführeinrichtung (56), die in einem Haltemodus zum Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) eingerichtet ist;

eine Magnetfeldschalteinrichtung (58), die eingerichtet ist, zwischen mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen, wobei in dem Freigabemodus der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist.

2. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 1, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) einen Magneten (76), insbesondere einen Permanentmagneten, zum Generieren des Magnetfelds aufweist.

3. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56), magnetisierbares Material, insbesondere ferromagnetisches Material, aufweist oder daraus besteht.

4. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in dem Freigabemodus das Magnetfeld von der Aufnahmeeinrichtung (54) weggeführt ist.

5. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet ist, mittels longitudinalen, insbesondere mittels linearen Bewegens zumindest eines Teils der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten.

6. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet ist, rein mechanisch zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten.

7. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Freigabemodus die in dem Haltemodus wirkende magnetische Haltekraft zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) abzuschalten.

8. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Haltemodus magnetische Feldlinien (98) durch den Probenhalter (52) oder den Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) hindurchlaufend auszubilden, und in dem Freigabemodus magnetische Feldlinien (98) durch einen alternativen Pfad hindurch laufend auszubilden.

9. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Haltemodus einen Magnetschluss durch den Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) auszubilden, und in dem Freigabemodus einen alternativen Magnetschluss an

dem Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) vorbei auszubilden.

10. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) als Quelle eines magnetischen Flusses eingerichtet ist, deren magnetischer Fluss mittels Schaltens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen durch zwei unterschiedliche magnetische Pfade führbar ist, die mittels der Magnetfeldführeinrichtung (56) definiert sind.

11. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 10, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, dass während Überführens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen eine Summe der magnetischen Widerstände der beiden magnetischen Pfade im Wesentlichen konstant ist.

12. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei zumindest eine der mindestens zwei Relativanordnungen einer zugehörigen Anschlagposition der Magnetfeldschalteinrichtung (58) an eine Begrenzungswand in einer Aussparung (62) im Inneren der Magnetfeldführeinrichtung (56) zugeordnet ist.

13. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, aufweisend eine Vorspanneinrichtung (64), insbesondere eine Feder, die zum mechanischen Vorspannen der Magnetfeldschalteinrichtung (58) in eine der mindestens zwei Relativanordnungen ausgebildet ist, insbesondere in den Haltemodus.

14. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) einen, insbesondere scheibenförmigen, Magnetschuh (66) mit einer Aussparung (62) und die

Magnetfeldschalteinrichtung (58) einen Magnetschlitten (68) aufweist, der zum Verfahren in der Aussparung (62) montiert ist.

15. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 14, wobei der Magnetschuh (66) im Wesentlichen senkrecht zu einer Verfahrrichtung des Magnetschlittens (68) eine mittels eines nichtmagnetischen Materials, insbesondere ein oder mehrere Luftspalte, vorzugsweise ein Paar Luftspalte, definierte Magnetbarriere (70) aufweist.

16. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 15, wobei ein permanentmagnetischer Block (76) des Magnetschlittens (66) eine Berührfläche (110) mit einer ersten Schnittstellenfläche (106) einer angrenzenden Wandung der Aussparung (62) auf einer Seite der Magnetbarriere (70) in dem Freigabemodus und/oder mit einer zweiten Schnittstellenfläche (108) einer angrenzenden Wandung der Aussparung (62) auf einer anderen Seite der Magnetbarriere (70) in dem Haltemodus hat, welche Berührfläche (110) kleiner als die erste Schnittstellenfläche (106) und/oder kleiner als die zweite Schnittstellenfläche (108) ist, insbesondere höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der ersten Schnittstellenfläche (106) ist und/oder höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der zweiten Schnittstellenfläche (108) ist.

17. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der Magnetschuh (66) auf einer der Aufnahmeeinrichtung (54) zugewandten Oberfläche zwei Polüberstände (72) aus magnetischem Material aufweist.

18. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei der Magnetschlitten (66) einen permanentmagnetischen Block (76) aufweist, der an nichtmagnetisches Material (78) des Magnetschlittens (66) angeformt ist.

19. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, ausgebildet als energetisch autarke Haltevorrichtung (50), insbesondere betreibbar ohne elektrische Energiezufuhr.

20. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, aufweisend mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung (56) und mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) mit den Merkmalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) sowie die mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung (56) und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, gemeinsam auf dieselbe Aufnahmeeinrichtung (54) einzuwirken.

21. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 20, aufweisend einen Steuerkörper (90), der antreibbar ist, simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung (58) und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) einzuwirken.

22. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 21, wobei der Steuerkörper (90) als Steuerscheibe ausgebildet ist, die drehantreibbar ist, um dadurch simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung (58) und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) einzuwirken, die gemeinsam mit der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der mindestens einen weiteren Magnetfeldführeinrichtung (56) umfänglich um die Steuerscheibe herum und/oder innerhalb der Steuerscheibe angeordnet sind.

23. Rastersondenmikroskop (1) zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich eines Probenkörpers (6) mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probenkörpers (6), wobei das Rastersondenmikroskop (1) aufweist:

einen magnetischen Probenhalter (52) zum Halten des Probenkörpers (6) oder einen magnetischen Probenkörper (6);

eine Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22 zum lösbaren Halten des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6).

24. Rastersondenmikroskop (1) gemäß Anspruch 23, ausgebildet als Rasterkraftmikroskop.

25. Rastersondenmikroskop (1) gemäß Anspruch 23 oder 24, aufweisend eine Messsonde (11), die zum rasternden Abtasten der Oberfläche des Probenkörpers (6) eingerichtet ist.

26. Verfahren zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere von einem Rastersondenmikroskop (1), wobei das Verfahren aufweist:

Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) an einer Aufnahmeeinrichtung (54);

in einem Haltemodus, Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) mittels einer Magnetfeldführeinrichtung (56);

Umschalten von einer zu einer anderen von mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und einer Magnetfeldschalteinrichtung (58), um ausgehend von dem Haltemodus einen Freigabemodus einzustellen, in dem der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist.

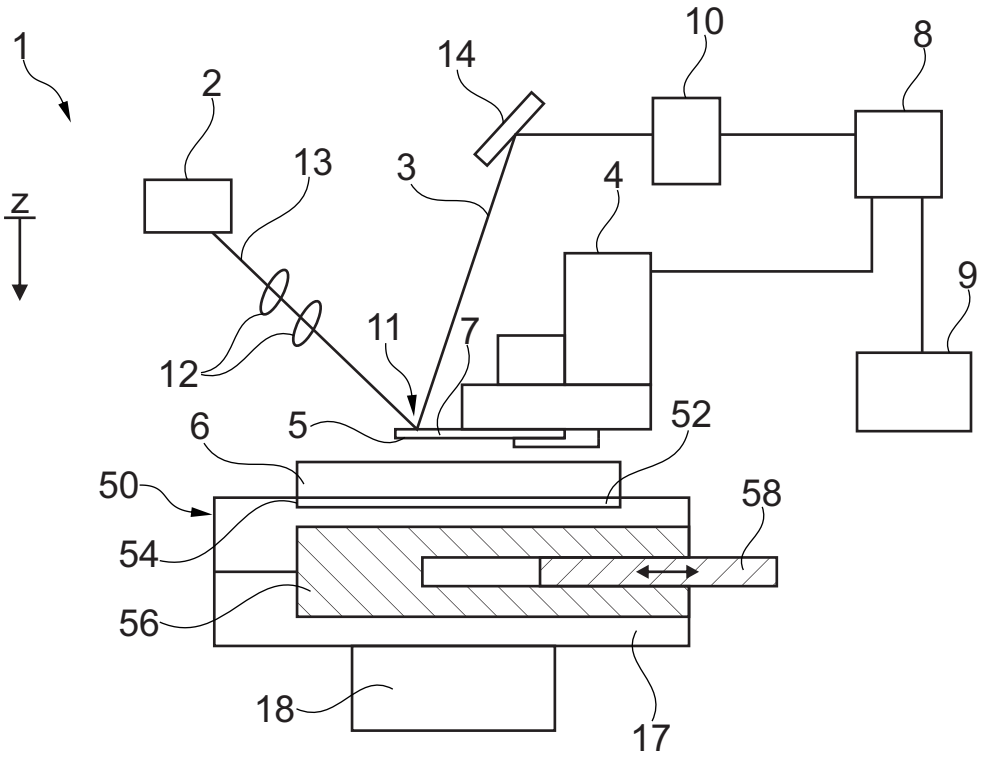

1
z
2
13
12
14
3
10
8
4
9
11
7
6
5
52
50
58
54
56
18
17

Fig. 1

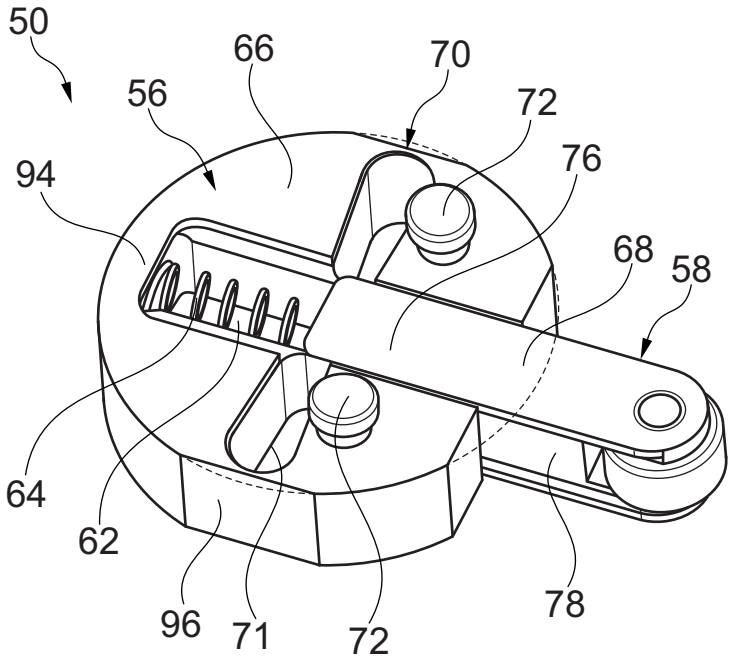

50
66
70
56
72
94
76
68
58
64
62
96
71
72
78

Fig. 2

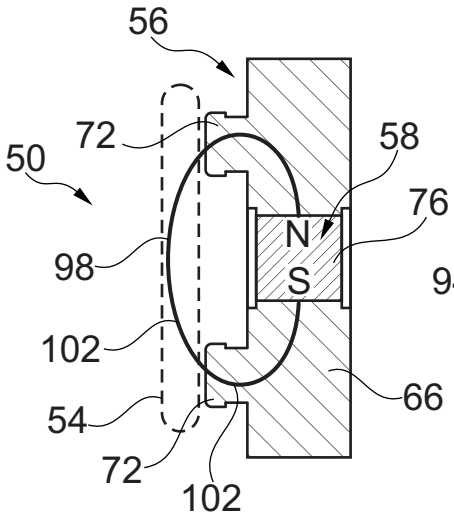


Fig. 3

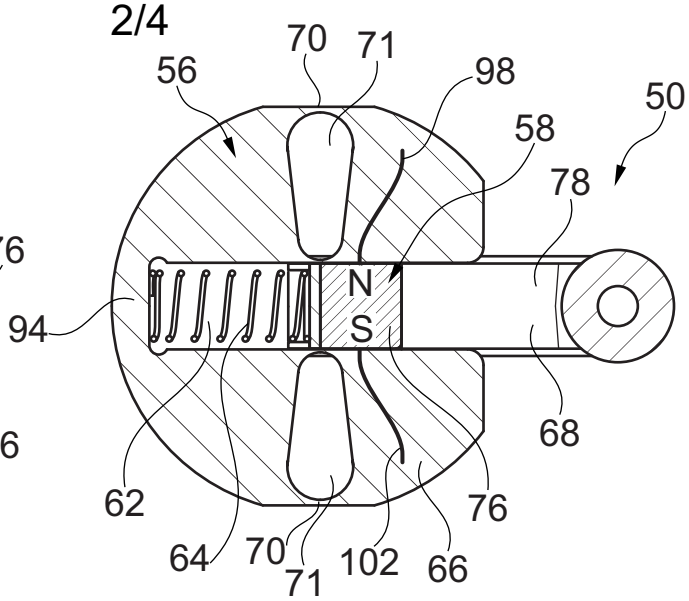


Fig. 4

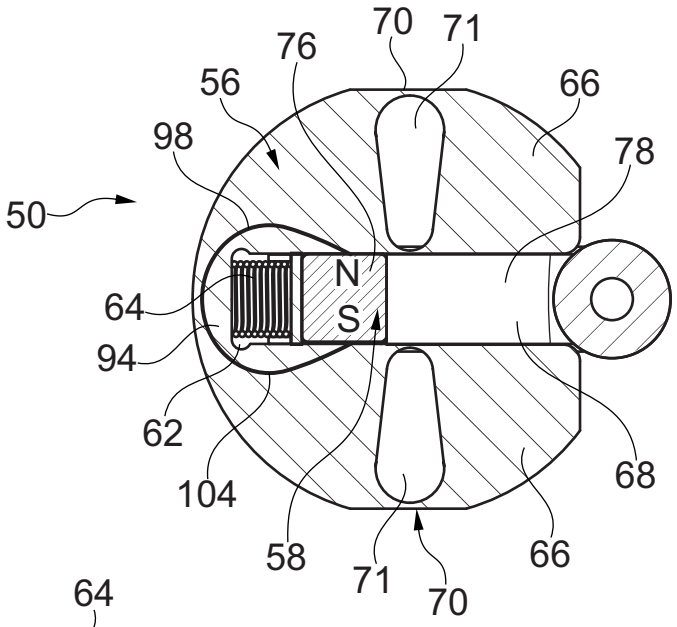


Fig. 5

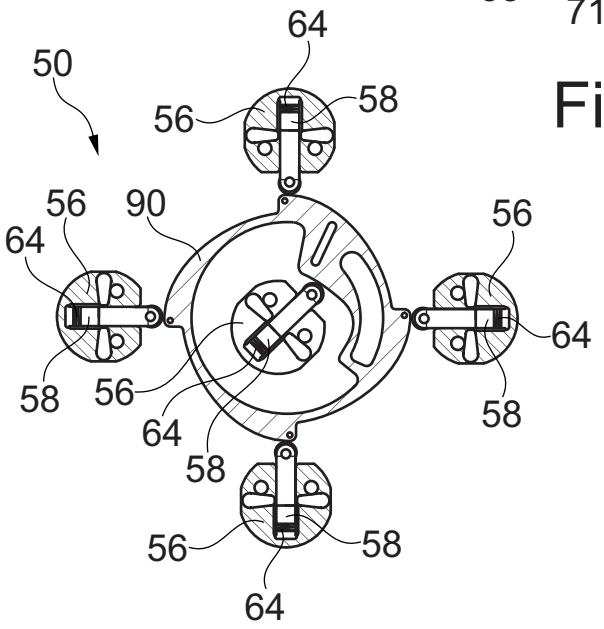


Fig. 6

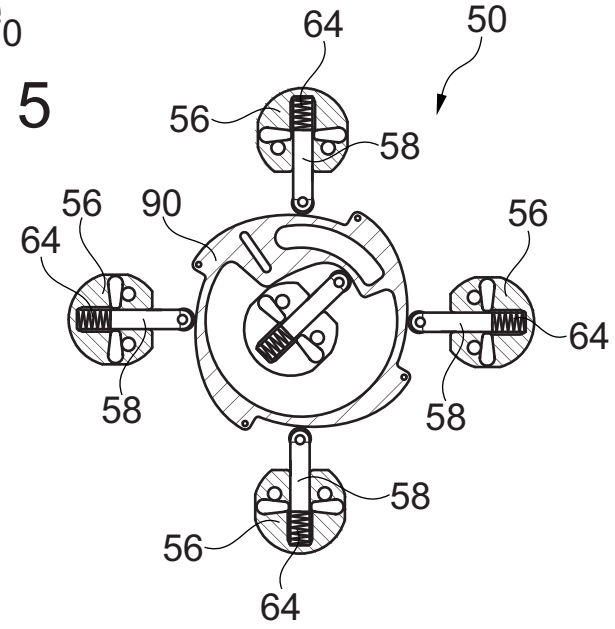


Fig. 7

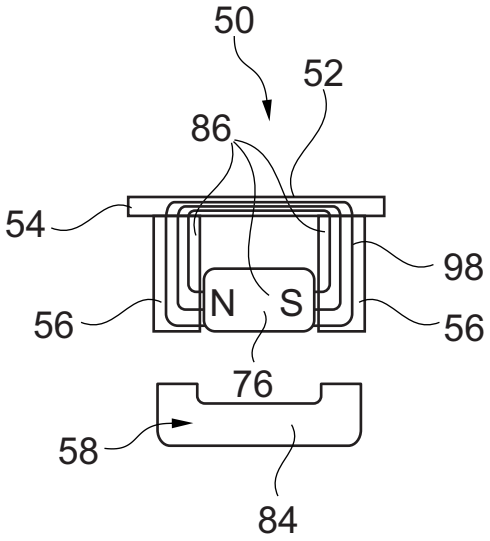


Fig. 8

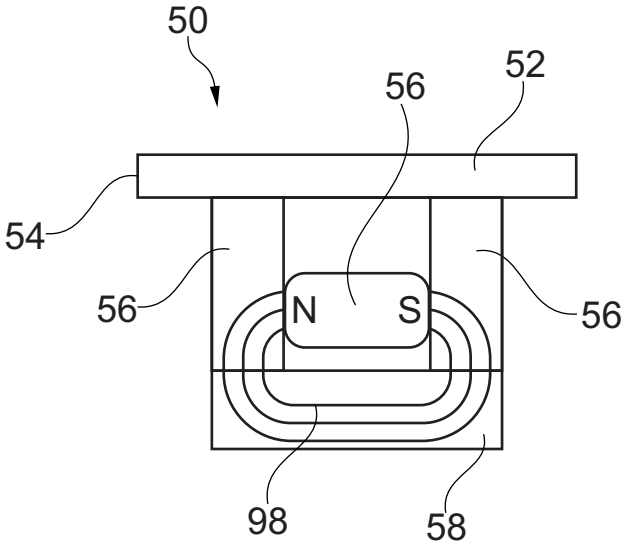


Fig. 9

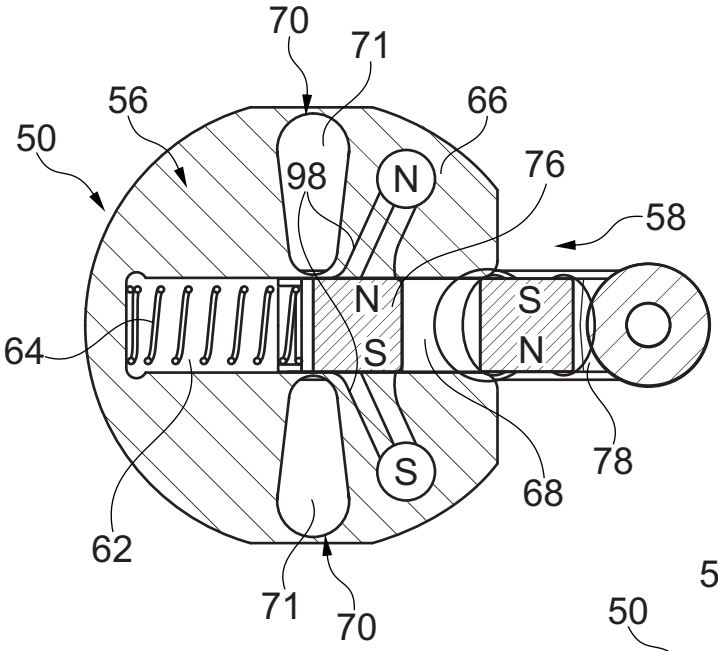


Fig. 10

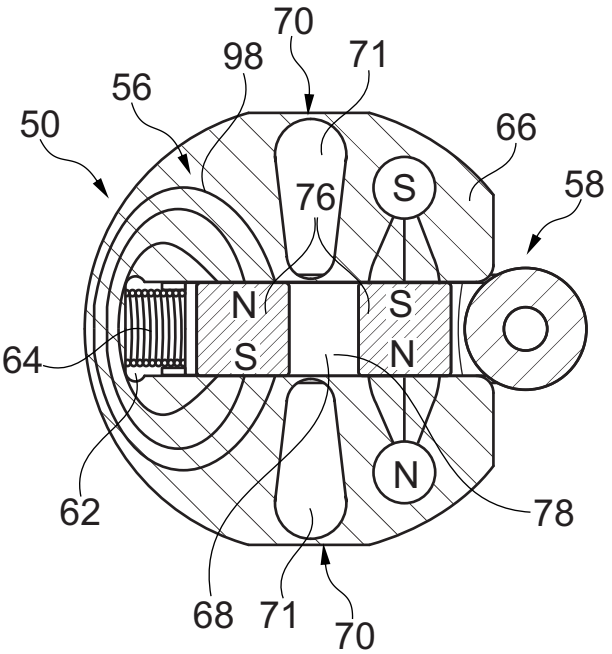


Fig. 11

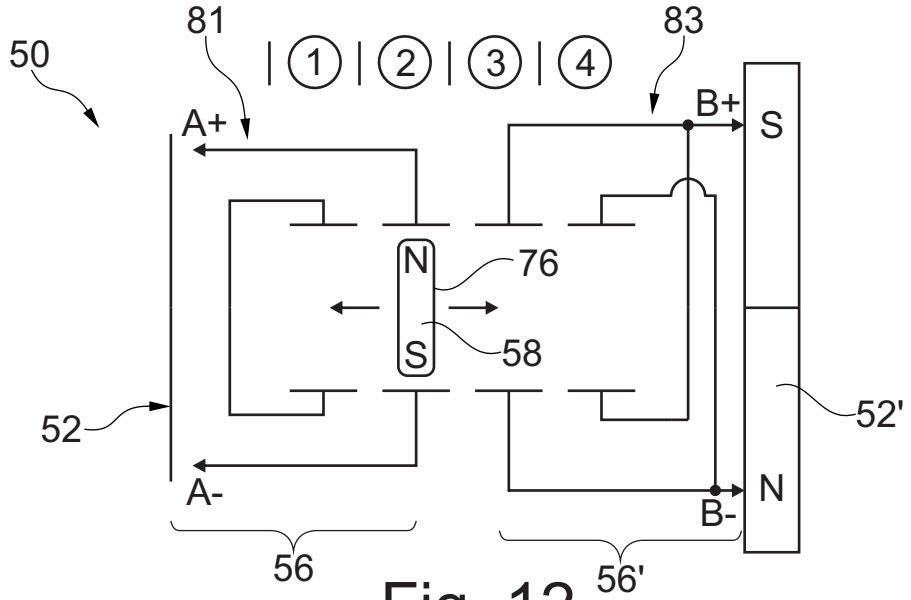


Fig. 12

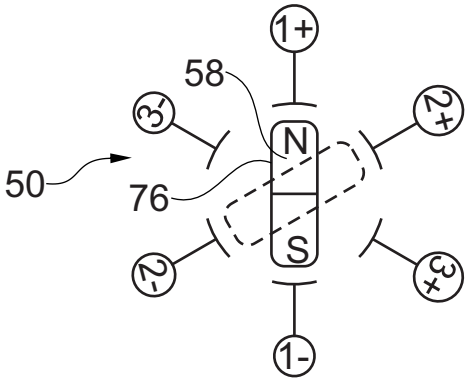


Fig. 13

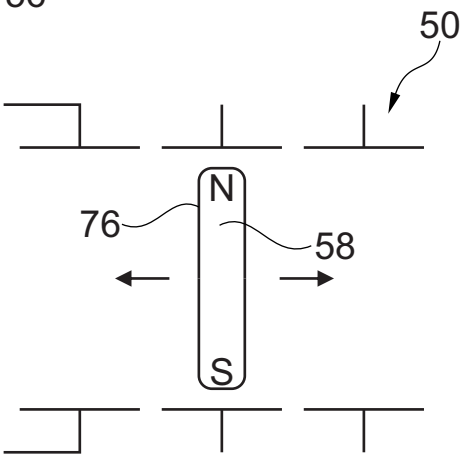


Fig. 14

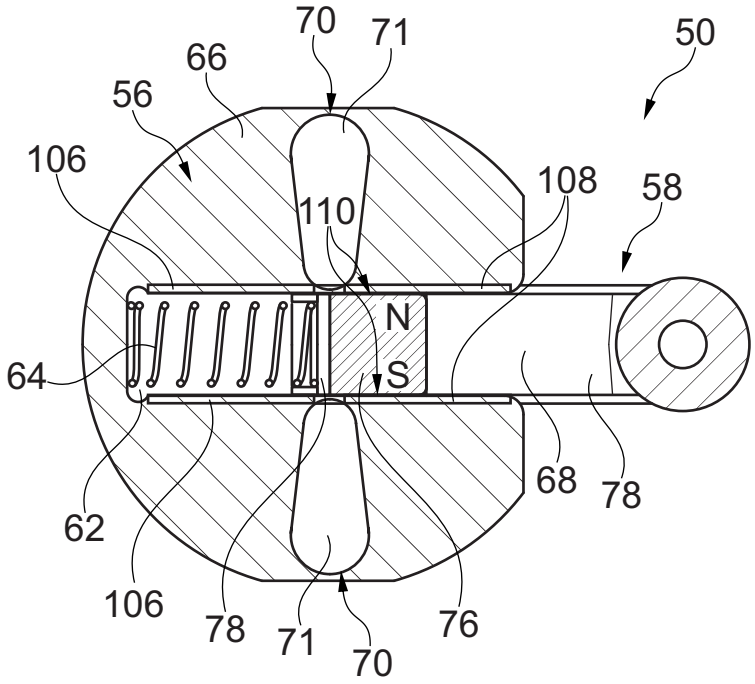


Fig. 15

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01Q 10/04 (2010.01); ***G01Q 60/24*** (2010.01); ***B82Y 35/00*** (2011.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01Q 10/04 (2013.01); ***G01Q 60/24*** (2013.01); ***B82Y 35/00*** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01Q, B82Y B01L, G01N, E05B

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC, WPI, engl. Volltext

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **18.10.2016** eingereichten Ansprüchen **1-26** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 5598104 A (BOYETTE JR JAMES E [US]) 28. Januar 1997 (28.01.1997) Fig. 4, 5 Sp. 3 Z60 - Sp. 4 Z28	1-4, 6-10, 19, 23-26
A	gesamtes Dokument	5, 11-18, 20-22
A	EP 0373742 A2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 20. Juni 1990 (20.06.1990) gesamtes Dokument	1-26

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
02.05.2017		AUER Erwin

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

004058

Patentansprüche

1. Haltevorrichtung (50) zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere für ein Rastersondenmikroskop (1), wobei die Haltevorrichtung (50) aufweist:

eine Aufnahmeeinrichtung (54) zum Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6);

eine Magnetfeldführeinrichtung (56), die in einem Haltemodus zum Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) eingerichtet ist;

eine Magnetfeldschalteinrichtung (58), die eingerichtet ist, zwischen mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zu schalten, um selektiv den Haltemodus oder einen Freigabemodus einzustellen, wobei in dem Freigabemodus der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist,

wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet ist, mittels longitudinalen, insbesondere mittels linearen Bewegens zumindest eines Teils der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten.

2. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 1, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) einen Magneten (76), insbesondere einen Permanentmagneten, zum Generieren des Magnetfelds aufweist.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

3. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56), magnetisierbares Material, insbesondere ferromagnetisches Material, aufweist oder daraus besteht.

4. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei in dem Freigabemodus das Magnetfeld von der Aufnahmeeinrichtung (54) weggeführt ist.

5. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet ist, rein mechanisch zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten.

6. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Freigabemodus die in dem Haltemodus wirkende magnetische Haltekraft zum Halten des an der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) abzuschalten.

7. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Haltemodus magnetische Feldlinien (98) durch den Probenhalter (52) oder den Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) hindurchlaufend auszubilden, und in dem Freigabemodus magnetische Feldlinien (98) durch einen alternativen Pfad hindurch laufend auszubilden.

8. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, in dem Haltemodus einen Magnetschluss durch den

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) auszubilden, und in dem Freigabemodus einen alternativen Magnetschluss an dem Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) an der Aufnahmeeinrichtung (54) vorbei auszubilden.

9. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) als Quelle eines magnetischen Flusses eingerichtet ist, deren magnetischer Fluss mittels Schaltens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen durch zwei unterschiedliche magnetische Pfade führbar ist, die mittels der Magnetfeldführeinrichtung (56) definiert sind.

10. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 9, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, dass während Überführens zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen eine Summe der magnetischen Widerstände der beiden magnetischen Pfade im Wesentlichen konstant ist.

11. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei zumindest eine der mindestens zwei Relativanordnungen einer zugehörigen Anschlagposition der Magnetfeldschalteinrichtung (58) an eine Begrenzungswand in einer Aussparung (62) im Inneren der Magnetfeldführeinrichtung (56) zugeordnet ist.

12. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, aufweisend eine Vorspanneinrichtung (64), insbesondere eine Feder, die zum mechanischen Vorspannen der Magnetfeldschalteinrichtung (58) in eine der mindestens zwei Relativanordnungen ausgebildet ist, insbesondere in den Haltemodus.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

13. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) einen, insbesondere scheibenförmigen, Magnetschuh (66) mit einer Aussparung (62) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) einen Magnetschlitten (68) aufweist, der zum Verfahren in der Aussparung (62) montiert ist.

14. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 13, wobei der Magnetschuh (66) im Wesentlichen senkrecht zu einer Verfahrrichtung des Magnetschlittens (68) eine mittels eines nichtmagnetischen Materials, insbesondere ein oder mehrere Luftspalte, vorzugsweise ein Paar Luftspalte, definierte Magnetbarriere (70) aufweist.

15. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 14, wobei ein permanentmagnetischer Block (76) des Magnetschlittens (66) eine Berührfläche (110) mit einer ersten Schnittstellenfläche (106) einer angrenzenden Wandung der Aussparung (62) auf einer Seite der Magnetbarriere (70) in dem Freigabemodus und/oder mit einer zweiten Schnittstellenfläche (108) einer angrenzenden Wandung der Aussparung (62) auf einer anderen Seite der Magnetbarriere (70) in dem Haltemodus hat, welche Berührfläche (110) kleiner als die erste Schnittstellenfläche (106) und/oder kleiner als die zweite Schnittstellenfläche (108) ist, insbesondere höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der ersten Schnittstellenfläche (106) ist und/oder höchstens 90%, bevorzugt höchstens 80%, besonders bevorzugt höchstens 70%, der zweiten Schnittstellenfläche (108) ist.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

16. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, wobei der Magnetschuh (66) auf einer der Aufnahmeeinrichtung (54) zugewandten Oberfläche zwei Polüberstände (72) aus magnetischem Material aufweist.

17. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei der Magnetschlitten (66) einen permanentmagnetischen Block (76) aufweist, der an nichtmagnetisches Material (78) des Magnetschlittens (66) angeformt ist.

18. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, ausgebildet als energetisch autarke Haltevorrichtung (50), insbesondere betreibbar ohne elektrische Energiezufuhr.

19. Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, aufweisend mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung (56) und mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) mit den Merkmalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die Magnetfeldführeinrichtung (56) und die Magnetfeldschalteinrichtung (58) sowie die mindestens eine weitere Magnetfeldführeinrichtung (56) und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet sind, gemeinsam auf dieselbe Aufnahmeeinrichtung (54) einzuwirken.

20. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 19, aufweisend einen Steuerkörper (90), der antreibbar ist, simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung (58) und die mindestens eine weitere Magnetfeldschalteinrichtung (58) einzuwirken.

21. Haltevorrichtung (50) gemäß Anspruch 20, wobei der Steuerkörper (90) als Steuerscheibe ausgebildet ist, die drehantreibbar ist, um dadurch simultan auf die Magnetfeldschalteinrichtung (58) und die mindestens eine weitere

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

Magnetfeldschalteinrichtung (58) einzuwirken, die gemeinsam mit der Magnetfeldführeinrichtung (56) und der mindestens einen weiteren Magnetfeldführeinrichtung (56) umfänglich um die Steuerscheibe herum und/oder innerhalb der Steuerscheibe angeordnet sind.

22. Rastersondenmikroskop (1) zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich eines Probenkörpers (6) mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probenkörpers (6), wobei das Rastersondenmikroskop (1) aufweist:

einen magnetischen Probenhalter (52) zum Halten des Probenkörpers (6) oder einen magnetischen Probenkörper (6);

eine Haltevorrichtung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21 zum lösbaren Halten des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6).

23. Rastersondenmikroskop (1) gemäß Anspruch 22, ausgebildet als Rasterkraftmikroskop.

24. Rastersondenmikroskop (1) gemäß Anspruch 22 oder 23, aufweisend eine Messsonde (11), die zum rasternden Abtasten der Oberfläche des Probenkörpers (6) eingerichtet ist.

25. Verfahren zum lösbaren Halten eines magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6), insbesondere von einem Rastersondenmikroskop (1), wobei das Verfahren aufweist:

Aufnehmen des magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) an einer Aufnahmeeinrichtung (54);

in einem Haltemodus, Führen eines Magnetfelds zum Aufbringen einer magnetischen Haltekraft an der Aufnahmeeinrichtung (54) zum Halten des an

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

der Aufnahmeeinrichtung (54) aufgenommenen magnetischen Probenhalters (52) oder Probenkörpers (6) mittels einer Magnetfeldführeinrichtung (56);

Umschalten von einer zu einer anderen von mindestens zwei Relativanordnungen zwischen der Magnetfeldführeinrichtung (56) und einer Magnetfeldschalteinrichtung (58), um ausgehend von dem Haltemodus einen Freigabemodus einzustellen, in dem der magnetische Probenhalter (52) oder Probenkörper (6) zum Abnehmen von der Aufnahmeeinrichtung (54) freigegeben ist,

wobei die Magnetfeldschalteinrichtung (58) eingerichtet ist, mittels longitudinalen, insbesondere mittels linearen Bewegens zumindest eines Teils der Magnetfeldschalteinrichtung (58) zwischen den mindestens zwei Relativanordnungen zu schalten.