

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51108/2019
(22) Anmeldetag: 18.12.2019
(45) Veröffentlicht am: 15.02.2022

(51) Int. Cl.: **G01Q 10/06** (2010.01)
G01Q 30/20 (2010.01)
G01Q 70/08 (2010.01)
G01Q 90/00 (2010.01)

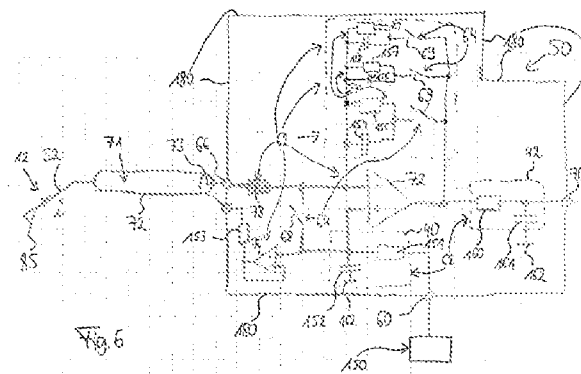
(56) Entgegenhaltungen:
DE 102006039651 A1
DE 112008003233 T5
WO 2007133262 A2

(73) Patentinhaber:
Anton Paar GmbH
8054 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Kern Markus
8561 Söding-St. Johann (AT)

(54) **Schaltkreisanordnung zum Unterstützen unterschiedlicher Betriebsmodi zum Betrieb einer Messsonde eines Rastersondenmikroskops**

(57) Schaltkreisanordnung (50) zum Betreiben einer Messsonde (12) eines Rastersondenmikroskops (81), wobei die Schaltkreisanordnung (50) einen Steuereingang (60), an dem ein Steuersignal zum Zuführen zu der Messsonde (12) bereitstellbar ist, eine Konditioniereinrichtung (62) zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, und eine Auswahleinrichtung (64) zum Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi aufweist, gemäß dem die Messsonde (12) aktuell betrieben wird.



Beschreibung

SCHALTKREISANORDNUNG ZUM UNTERSTÜTZEN UNTERSCHIEDLICHER BETRIEBSMODI ZUM BETRIEB EINER MESSSONDE EINES RASTERSONDENMIKROSKOPS

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schaltkreisanordnung, ein Rastersondenmikroskop und ein Verfahren zum schaltungstechnischen Betreiben einer Messsonde eines Rastersondenmikroskops.

[0002] Ein Rasterkraftmikroskop dient hauptsächlich der lateral bzw. vertikal hochauflösenden Untersuchung von Oberflächen (insbesondere topographische Untersuchungen von Oberflächen). Dabei wird eine Messsonde (zum Beispiel aufweisend eine Blattfeder, welche auch als Cantilever oder Ausleger bezeichnet wird) mit einer nanoskopisch kleinen Nadel (auch als Messspitze oder Sondenspitze bezeichnet) über die Oberfläche geführt (d.h. gerastert) 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 bzw. gescannt. Die Auslenkung des Cantilevers bzw. der Sondenspitze kann kapazitiv oder piezoelektrisch oder mithilfe von optischen Sensoren gemessen werden. Diese Methode ermöglicht eine Strukturuntersuchung der Oberfläche der Probe bis hin zur atomaren Auflösung.

[0003] Der für die Messung verwendete Ausleger (auch Cantilever genannt) samt Sonden- oder Messspitze ist auf einem typischerweise wenige mm² großen Cantilever-Chip montiert, der auch als Sondenkörper bezeichnet wird. Sondenkörper, Ausleger und Sondenspitze bilden eine Messsonde. Die Messsonde kann (insbesondere gemeinsam mit einem Betätigungskörper) vor einer Messung mit dem Rastersondenmikroskop in eine dafür vorgesehene Ausnehmung an einem Sondenhalter eingeführt werden. Diese Tätigkeit wird meist manuell durchgeführt und stellt hohe Anforderungen an den Benutzer, damit eine Beschädigung oder ein Verlust der Messsonde vermieden wird.

[0004] Herkömmlich werden für unterschiedliche Betriebsmodi eines Rastersondenmikroskops unterschiedliche Messsonden und unterschiedliche Betätigungskörper eingesetzt, von denen jede bzw. jeder spezifisch an einen zugehörigen Betriebsmodus angepasst ist. Selbst wenn herkömmliche Rastersondenmikroskope von geschulten Bedienern betätigt werden, ist deren Handhabung immer noch fehleranfällig.

[0005] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen fehlerrobusten Betrieb eines Rastersondenmikroskops mit hoher Funktionalität zu ermöglichen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände mit den Merkmalen gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen gezeigt.

[0007] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Schaltkreisanordnung zum Betreiben einer Messsonde eines Rastersondenmikroskops geschaffen, wobei die Schaltkreisanordnung einen Steuereingang, an dem ein Steuersignal zum Zuführen zu der Messsonde bereitstellbar ist, eine Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde und/oder der Schaltkreisanordnung zum Betrieb gemäß einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, und eine Auswahlleinrichtung zum Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi aufweist, gemäß dem die Messsonde aktuell betrieben wird.

[0008] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist ein Rastersondenmikroskop zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich eines Probekörpers mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probekörpers bereitgestellt, wobei das Rastersondenmikroskop eine Messsonde, die zum rasternden Abtasten der Oberfläche des Probekörpers eingerichtet ist und einen Sondenkörper und eine mittels eines Auslegers mit dem Sondenkörper gekoppelte Sondenspitze aufweist, und eine Schaltkreisanordnung mit den oben beschriebenen Merkmalen zum Betreiben der Messsonde aufweist.

[0009] Gemäß einem weiteren exemplarischen Ausführungsbeispiel ist ein Verfahren zum schaltungstechnischen Betreiben einer Messsonde eines Rastersondenmikroskops geschaffen, wobei das Verfahren ein Bereitstellen eines Steuersignals an einem Steuereingang einer Schaltkreisanordnung zum Zuführen zu der Messsonde, wobei die Schaltkreisanordnung eine Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde und/oder der Schaltkreisanordnung zum Betrieb gemäß einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi aufweist, und ein schaltungstechnisches Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi aufweist, gemäß dem die Messsonde aktuell betrieben wird.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Rastersondenmikroskop“ insbesondere ein Mikroskop verstanden, bei dem ein Bild oder sonstige Oberflächeninformation eines Probekörpers nicht mit einer optischen oder elektronenoptischen Abbildung (d.h. unter Einsatz von Linsen) erzeugt wird, sondern über die Wechselwirkung einer Messsonde mit dem Probekörper. 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.

[0011] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Messsonde“ insbesondere ein als Ganzes handhabbarer Körper verstanden, der an einem Rastersondenmikroskop derart anbringbar ist, dass eine Sondenspitze der Messsonde während des Betriebs des Rastersondenmikroskops die Oberfläche eines Probekörpers rasternd abfahren kann, um Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit des Probekörpers zu erlangen. Zum Beispiel kann eine solche Messsonde einen beispielsweise händisch handhabbaren Sondenkörper mit einem daran angebrachten oder anbringbaren Ausleger aufweisen, an dessen Ende die auf die Oberflächenbeschaffenheit des Probekörpers sensitive Sondenspitze angebracht ist. Das Handhaben einer solchen Messsonde kann durch einen Betätigungskörper erleichtert werden, an oder in dem die Messsonde zum gemeinsamen Handhaben durch einen Bediener angebracht werden kann.

[0012] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Schaltkreisanordnung“ insbesondere eine elektronische Schaltung verstanden, die mit einer Messsonde zusammenwirken kann, um einen unterstützten Betriebsmodus zum Betrieb eines Rastersondenmikroskops auszuführen. Beispielsweise kann die Schaltkreisanordnung durch eine Schaltung elektronischer Bauelemente, d.h. hartverdrahtet bzw. rein in Hardware ausgebildet sein. Eine solche Schaltkreisanordnung kann jedoch auch unter Verwendung einer Software implementiert sein. Beispielsweise kann die Schaltkreisanordnung auch hybrid ausgebildet sein, d.h. unter Verwendung elektronischer Bauelemente in Kombination mit einer softwarebasierten Steuerung.

[0013] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Konditioniereinrichtung“ insbesondere eine elektronische Schaltung elektronischer Bauteile, optional in Kombination mit einer Steuersoftware, verstanden, die so ausgestaltet ist, dass sie die Funktion mehrerer unterschiedlicher unterstützter Betriebsmodi des Rastersondenmikroskops bereitstellt. Zum Beispiel können erste elektronische Bauteile zum Bereitstellen einer elektronischen Funktionalität ausgebildet sein, die für einen ersten Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops zum Einsatz kommen. Darüber hinaus können zweite elektronische Bauteile zum Bereitstellen einer elektronischen Funktionalität implementiert sein, die für einen anderen zweiten Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops eingesetzt werden. Die ersten elektronischen Bauteile und die zweiten elektronischen Bauteile können auch ganz oder teilweise identisch sein und in den unterschiedlichen Betriebsmodi unterschiedlich angesteuert werden. Insbesondere kann die Konditioniereinrichtung die Schaltkreisanordnung also so konditionieren bzw. mit einer solchen Funktionalität ausstatten, dass sie mehrere unterschiedliche Betriebsmodi ausführen kann. Beispielsweise kann ein Transimpedanzverstärker der Konditioniereinrichtung in einem ersten Betriebsmodus zum Unterstützen des Durchführens des ersten Betriebsmodus aktiviert sein und in einem anderen zweiten Betriebsmodus zum Unterstützen des Durchführens des zweiten Betriebsmodus deaktiviert sein, wenn ein Transimpedanzverstärker in dem zweiten Betriebsmodus unnötig oder sogar unerwünscht ist.

[0014] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Auswahleinrichtung“ insbesondere mindestens eine elektronische und/oder softwarebasierte Schaltkreiskomponente verstanden, die betätigbar bzw. ansteuerbar ist, um einen aktuell gewünschten bzw. ausgewählten Betriebsmodus aus der Mehrzahl unterstützter Betriebsmodi auszuwählen. Zum Beispiel kann die Auswahleinrichtung zu diesem Zweck einen oder mehrere Schalter, insbesondere Halbleiterschalter aufweisen.

[0015] Im Rahmen der vorliegenden Anmeldung wird unter dem Begriff „Betriebsmodus“ insbesondere ein bestimmtes Messprinzip des Rastersondenmikroskops verstanden, mit dem Information über eine Oberfläche des Probekörpers auf Basis des besagten Messprinzips ermittelbar ist. Beispielsweise können sich unterschiedliche Betriebsmodi dahingehend unterscheiden, mittels welchem Messprinzips Oberflächeninformation über den Probekörper erhalten werden. Beispielsweise kann dies gemäß einem Betriebsmodus erfolgen, indem ein elektrisches Ausgangssignal der Schaltkreisanordnung elektronisch ausgewertet wird und daraus die Oberflächeninformation ermittelt wird. Gemäß einem anderen Betriebsmodus kann dies dadurch erfolgen, dass eine mechanische Auslenkung einer Sondenspitze der Messsonde infolge einer (insbesondere elektrischen) Interaktion mit einer Oberfläche des Probekörpers erfasst wird, zum Beispiel optisch (insbesondere durch einen an der Messsonde abgelenkten Laserstrahl). Unterschiedliche Betriebsmodi eines Rastersondenmikroskops können auch unterschiedlichen elektrischen Potenzialverhältnissen an Sondenspitze und/oder Probekörper zugeordnet sein. Zum Beispiel kann in unterschiedlichen Betriebsmodi ein elektrisches Potenzial bzw. eine elektrische Potenzialdifferenz an bzw. zwischen Sondenspitze und Probekörper unterschiedliche Eigenschaften haben (zum Beispiel Null sein, einen von Null unterschiedlichen festen Wert aufweisen oder einen zeitlich veränderlichen Wert aufweisen).

[0016] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist es ermöglicht, mit einer universell einsetzbaren Messsonde (insbesondere befestigt oder befestigbar an einem Betätigungskörper) in Zusammenarbeit mit einer Schaltkreisanordnung einen Betrieb eines Rastersondenmikroskops mit unterschiedlichen Betriebsmodi zu ermöglichen, ohne dass ein Benutzer hierfür unterschiedliche Messsonden bzw. unterschiedliche Betätigungskörper an dem Rastersondenmikroskop montieren muss. Auf diese Weise kann der Betrieb eines Rastersondenmikroskops fehlerrobuster gestaltet werden, wobei gleichzeitig eine frei und flexibel wählbare Option unterstützt wird, mehrere unterschiedliche Betriebsmodi auswählen und durchführen zu können. Hierfür braucht ein Benutzer an der Schaltkreisanordnung lediglich mittels der dort vorgesehenen Auswahleinrichtung eine gewünschte Auswahl treffen, wodurch die Schaltkreisanordnung selbsttätig in eine Konfiguration gebracht werden kann, die - insbesondere in hardwaretechnischer Hinsicht - spezifisch den ausgewählten Betriebsmodus unterstützt.

[0017] Im Weiteren werden zusätzliche exemplarische Ausführungsbeispiele der Schaltkreisanordnung, des Rastersondenmikroskops und des Verfahrens beschrieben.

[0018] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Messsonde an einem Betätigungskörper (auch als Actuator Body bezeichnet) befestigt sein oder werden und gemeinsam mit einem solchen Betätigungskörper durch einen Benutzer in ein Rastersondenmikroskop eingesetzt werden. Ein Vorteil von Ausführungsbeispielen der Erfindung liegt darin, dass der Betätigungskörper bzw. Actuator Body für alle Modi derselbe sein kann. Es kann in manchen Fällen auch vorkommen, dass der Betätigungskörper bzw. Actuator Body nicht zu tauschen ist, die Messsonde aber schon.

[0019] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung ist die Schaltkreisanordnung am Betätigungskörper angebracht oder in diesen integriert.

[0020] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde und/oder der Schaltkreisanordnung zum Betrieb gemäß mindestens einem mechanischen Modus und (insbesondere alternativ) gemäß mindestens einem elektrischen Modus ausgebildet sein. In einem mechanischen Modus kann eine elektrische Potenzialdifferenz zwischen einer Sondenspitze der Messsonde und einem Probekörper auf Null gehalten werden. Hingegen kann in einem elektrischen Modus eine vorgebbare elektrische Potenzialdiffe-

renz (d.h. eine vorgebbare Gleich- und/oder Wechselspannung) zwischen einer Sondenspitze der Messsonde und einem Probekörper eingestellt werden. Beispielsweise kann in einem elektrischen Betriebsmodus Oberflächeninformation über den Probekörper durch Auswertung eines elektrischen Signals erreicht werden, das an einem Ausgang der Schaltkreisanordnung generiert wird. In einem mechanischen Betriebsmodus kann zum Beispiel Oberflächeninformation über den Probekörper durch eine (zum Beispiel optische) Messung einer mechanischen Auslenkung der Sondenspitze ermittelt werden. Mit Vorteil unterstützt eine Schaltkreisanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowohl mindestens einen mechanischen als auch mindestens einen elektrischen Betriebsmodus.

[0021] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde und/oder der Schaltkreisanordnung zum Betrieb gemäß mehreren mechanischen Betriebsmodi ausgebildet sein. Somit ist es möglich, mit ein und derselben Schaltkreisanordnung (sowie vorzugsweise mit ein und derselben Messsonde und/oder mit ein und demselben Betätigungskörper) mehrere unterschiedliche mechanische Betriebsmodi zu unterstützen.

[0022] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde und/oder der Schaltkreisanordnung zum Betrieb gemäß mehreren elektrischen Betriebsmodi ausgebildet sein. Somit kann die Schaltkreisanordnung eingerichtet sein, mehrere unterschiedliche elektrische Betriebsmodi zu unterstützen, bei denen zum Beispiel Wechselspannungen unterschiedlicher Charakteristika zwischen Probekörper (bzw. dessen Probenhalter) und die Sondenspitze angelegt werden.

[0023] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde zum Betrieb gemäß mindestens einem mechanischen Modus ausgebildet sein, der aus einer Gruppe ausgewählt sein kann, die besteht aus einem Contact Modus, einem TappingTM Modus, einem Force Curve Modus, einem Contact Resonance Amplitude Microscopy Modus, einem Magnetic Force Modus, einem Pulsed Force Modus[®], einem Lateral Force Modus und einem Force Modulation Modus.

[0024] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung zum Konditionieren der Messsonde zum Betrieb gemäß mindestens einem elektrischen Modus ausgebildet ist, der aus einer Gruppe ausgewählt sein, die besteht aus einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, einem Electrostatic Force Microscopy Modus, und einem Kelvin Probe Force Microscopy Modus.

[0025] Insbesondere kann eine Schaltkreisanordnung gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung einen oder mehrere der in Tabelle 1 dargestellten (und/oder andere) Betriebsmodi unterstützen:

Modus	Ausgabe	Physikalische Bedeutung
Contact (und gegebenenfalls Lateral Friction Mikroskopie)	Laterale Ablenkung	Laterale Ablenkung, die Reibung darstellt
Tapping (und gegebenenfalls Phasenbildgebung)	Phase	Phase als Faltung von Elastizität und Dissipation
Force Modulation	Amplitude und Phase	Steifigkeit und Dissipation
Contact Resonance Amplitude Imaging	Amplitude und Phase	Steifigkeit und Dissipation
Contact Resonance	Frequenz und Q-Faktor	Steifigkeit und Dissipation
Magnetic/Electrostatic Force Microscopy	Amplitudenmodulation: Amplitude und Phase Frequenzmodulation: Frequenz	Magnetische/elektrostatische Wechselwirkung

Conductive Probe	Strom	Strom
Kelvin Probe Force Microscopy	Potenzial	Oberflächenpotenzial
Pulsed Force	Maximale Ablenkung Minimale Ablenkung Grundlinienablenkung Steigung der Ablenkung an der Kontaktstelle	Maximale Kraft Haftkraft Steifigkeit Verformung
Scanning capacitance	Amplitude und Phase der Kapazität	Ladungsträgerkonzentration und Ladung
Scanning electrochemical	Elektrochemischer Strom	Elektrochemischer Strom
Scanning thermal	Wärmeleitfähigkeit, Glasübergangstemperatur	Wärmeleitfähigkeit, Glasübergangstemperatur
Piezo response	Amplitude und Phase	Piezo-/Ferroelektrische Reaktion

Tabelle 1: Gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen unterstützte AFM-Betriebsmodi

[0026] Es gibt weitere Betriebsmodi (insbesondere Bildgebungsmodi) als die hier exemplarisch aufgeführten. Auch diese weiteren Modi können gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung von der Schaltkreisanordnung unterstützt werden. Es ist möglich, einem jeweiligen Modus auch einen Punktspektroskopie-Modus zuzuordnen. In einem jeweiligen der Modi kann auch ein Höhenwert ausgegeben werden.

[0027] Im Weiteren werden einige gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung implementierbare Betriebsmodi näher beschrieben:

[0028] Grundlegende Feedback-Steuerung: Wichtige Modi basieren auf Contact oder Tapping für ihre grundlegende Feedback-Operation (Oberflächenverfolgung). Im Contact-Betriebsmodus wird die statische Durchbiegung des Auslegers auf einen konstanten Wert gesteuert. Im Tapping-Modus wird der Ausleger mechanisch in der Nähe seiner Resonanz angeregt und die Amplitude auf einen konstanten Wert gesteuert. Während der Probe-Ausleger-Abstand wie beschrieben gesteuert wird, werden parallel zusätzliche Anregungs- und/oder Detektionsschemata verwendet, um andere Ausgangswerte zu erhalten.

[0029] Bei einem Pulsed Force-Betriebsmodus wird der Ausleger außerhalb seiner Resonanz angeregt (beispielsweise um 1 kHz) und wird die maximale Durchbiegung in jedem Zeitraum als Eingabe der Feedback-Steuerung verwendet.

[0030] Lift-basierte Modi: Lift-basierte Modi beinhalten zwei Durchgänge über die Oberfläche. Beim ersten Durchgang wird die Höhe gemessen (dies kann gemäß dem Contact-Betriebsmodus, dem Tapping-Betriebsmodus oder dem Pulsed Force-Betriebsmodus erfolgen). Im zweiten Durchgang wird die Position des Auslegers (plus oder minus einem vorgegebenen Offset) wiedergegeben, während eine sekundäre Messung durchgeführt wird.

[0031] Frequenzmodulationsbasierte Modi: Ein anderes Detektionsschema kann verwendet werden, wenn die Frequenz der Resonanz erkannt wird, anstatt einfach die Amplitude der Schwingung des Auslegers zu messen. Dabei handelt es sich zum Beispiel um eine phasengespernte Schleife.

[0032] Force Modulation, CRAI und Contact Resonance: Diese Betriebsmodi basieren auf Kontakt. Eine zusätzliche mechanische periodische Anregung wird auf den Ausleger angelegt und die Reaktion wird erkannt. Im Falle der Force Modulation und CRAI korrelieren Amplitude und Phase der Reaktion mit Steifigkeit und Dissipation des Materials unter der Spitze (das Verhalten der Reaktion hängt davon ab, ob die Anregung nahe oder weit entfernt von der Resonanz des unterstützten Auslegers ist). Bei Contact Resonance wird die Resonanz (bzw. insbesondere der Q-Faktor) des unterstützten Auslegers nachverfolgt. Es ist auch möglich, die Probe anstelle des Auslegers zu erregen, oder beide gleichzeitig zu erregen. Alternative Bezeichnungen sind Acous-

tic AFM bzw. Ultrasonic AFM.

[0033] Magnetic/Electrostatic Force Microscopy (MFM/EFM): Diese beiden Betriebsmodi untersuchen die Auswirkungen magnetischer oder elektrostatischer Kräfte auf den Ausleger. Die Effekte können während eines Hubpasses gemessen werden, indem die statische Durchbiegung (E/MFM-DC), Amplitude (E/MFM-AM) oder Frequenz (E/MFM-FM) erkannt wird.

[0034] Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM): Dieser Betriebsmodus bezieht sich auf EFM, wobei allerdings eine Wechselspannung und eine Feedback-gesteuerte Vorspannung an die SONDENSPIITZE angelegt werden, um die Vibrationen des Auslegers bei der Wechselfrequenz zu kompensieren. Es sind viele Implementierungen möglich (wie zum Beispiel amplitudenmoduliert bzw. frequenzmoduliert, Single Pass oder Lift-basiert).

[0035] Conductive Probe (bzw. Conductive Atomic Force Microscopy oder kurz CAFM): Dieser Betriebsmodus funktioniert basierend auf dem Contact- Betriebsmodus, während eine DC-Vorspannung zwischen einem leitfähigen Ausleger und einer Probe angelegt wird und der Strom durch den Ausleger erfasst wird. Mit Vorteil kann ein Verstärker mit hoher Verstärkung in der Nähe des Auslegers eingesetzt werden. Alternativ kann dieser Betriebsmodus auch als Conductive AFM bezeichnet werden.

[0036] Scanning Capacitance: Dieser Betriebsmodus ist ähnlich zu Conductive Probe, beruht aber auf einer AC-Vorspannung zur Probesonde. Die Amplitude und Phase des resultierenden Stroms werden verwendet, um die Konzentration und das Vorzeichen der Ladungsträger abzuschätzen.

[0037] Scanning Electrochemical: Im Gegensatz zu allen anderen Betriebsmodi beruht dieser Betriebsmodus darauf, keinen tatsächlichen Kontakt zur Oberfläche zu haben, ein kleiner Abstand zwischen einer spezialisierten Sonde und einer Probe kann mit einem Redox-Aktivmedium gefüllt werden und der elektrochemische Strom kann gemessen werden. Hierbei kann eine zusätzliche Elektrode als Referenz zum Einsatz kommen.

[0038] Scanning Thermal Microscopy: Basierend auf dem Contact-Betriebsmodus, aber mit einem speziellen Ausleger und einer Einrichtung zum Temperaturmessen. Die lokale Wärmeleitfähigkeit der Probe kann beim Scannen gemessen werden.

[0039] Piezo Response Force Mikroskopie: Basierend auf dem Contact- Betriebsmodus wird eine AC-Vorspannung an die Auslegerprobe angelegt und die Reaktion in der Ablenkung gemessen. Der Betrieb dieses Modus ist daher sehr eng mit der Force Modulation verbunden, außer dass die Anregung elektrisch statt mechanisch ist.

[0040] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Auswahleinrichtung mindestens einen Schalter, aufweisen, insbesondere mindestens einen Halbleiterschalter, weiter insbesondere mindestens einen Halbleitertransistorschalter. Eine Herausforderung bei der Implementierung einer Schaltkreisanordnung gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung besteht darin, dass die Schaltkreisanordnung empfindlich gegen parasitäre Kapazitäten und damit zusammenhängende Artefakte, Beeinträchtigungen des Signal-Rausch-Verhältnisses bzw. einer erreichbaren Bandbreite ist. Es hat sich herausgestellt, dass die Verwendung eines monolithisch integrierten Halbleiterschalters besonders günstige Eigenschaften in Hinblick auf die parasitären Kapazitäten der Schaltkreisanordnung hat. Ein solcher Analogschalter, der zum Beispiel als in CMOS (complementary metal oxide semiconductor) realisierter MOSFET (metal oxide semiconductor field effect transistor) ausgebildet sein kann, zeigt exzellente Eigenschaften in Hinblick auf gewünschte Eigenschaften der Schaltkreisanordnung, nämlich die Reduzierung bzw. Minimierung von parasitären Kapazitäten, ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis und eine hohe erreichbare Bandbreite. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Halbleitertransistorschalters, der als Feldeffekttransistor ausgebildet ist, da dann auch sehr geringe Leckströme erreichbar sind. Ein solcher Schalter der Auswahleinrichtung kann als monolithischer Halbleiterchip in der Schaltkreisanordnung implementiert werden, zum Beispiel wenn die Schaltkreisanordnung als eine Platine mit oberflächenmontierten Bauteilen (von denen eines der besagte monolithische Halbleiterchip ist) ausgebildet ist. Bei dem Vorsehen mehrerer Schalter in der Auswahleinrichtung

kann mit Vorteil jeder der Schalter als Halbleiterschalter der beschriebenen Art ausgebildet sein.

[0041] In anderen Ausführungsbeispielen kann der Schalter als ein Relais, ein Reed-Relais, ein Reed-Schalter oder ein MOSFET-Relais ausgebildet sein.

[0042] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Auswahleinrichtung mindestens einen ersten Schalter aufweisen, der zum Auswählen des aktuell ausgewählten Betriebsmodus schaltbar ist. Insbesondere kann dieser selektiv zwei Eingänge eines Transimpedanzverstärkers der Konditioniereinrichtung miteinander koppeln oder voneinander entkoppeln. Ein Transimpedanzverstärker kann als Verstärker angesehen werden, der einen Eingangsstrom in eine Ausgangsspannung umwandelt, wobei der Ausgang mit dem Eingang über mindestens eine Rückkoppelschleife (mit einem oder mehreren Rückkoppelwiderständen bzw. Rückkoppelimpedanzen) rückgekoppelt ist. Mit dieser Rückkopplung kann die Verstärkung des Transimpedanzverstärkers eingestellt werden. Anschaulich kann der erste Schalter geschlossen werden, wenn der besagte Transimpedanzverstärker in einem bestimmten Betriebsmodus unnötig bzw. unerwünscht ist und beispielsweise für diesen Betriebsmodus unschädlich gemacht werden soll. Durch das Schließen dieses ersten Schalters können dann die beiden Eingänge des Transimpedanzverstärkers auf dasselbe oder annähernd dasselbe elektrische Potenzial gebracht werden, wodurch der Transimpedanzverstärker im Wesentlichen funktional deaktiviert wird. Ist der erste Schalter hingegen geöffnet, kann der Transimpedanzverstärker an einem Eingang mit einem Steuersignal und an dem anderen Eingang mit einem von der Messsonde stammenden Signal beaufschlagt werden und kann an seinem Ausgang ein für die Oberflächeninformation des Probekörpers indikatives elektrisches Ausgangssignal generieren. Letztere Konfiguration korrespondiert zu einem anderen Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops, bei dem die Funktionalität des Transimpedanzverstärkers wünschenswert ist und der Transimpedanzverstärker daher aktiviert wird.

[0043] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Auswahleinrichtung mindestens einen zweiten Schalter aufweisen, der zum Einstellen einer Verstärkung in einem aktuell ausgewählten Betriebsmodus schaltbar ist. Auf diese Weise können unterschiedliche Verstärkungen durch ein und dieselbe Schaltkreisanordnung unterstützt werden.

[0044] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanordnung einen Signalausgang aufweisen, an dem in dem zumindest einen der unterschiedlichen Betriebsmodi das die Probeninformation enthaltende Ausgangssignal nach Verarbeitung mittels der Konditioniereinrichtung bereitstellbar ist. In einem elektrischen Betriebsmodus beispielsweise kann die Oberflächeninformation des Probekörpers durch ein elektrisches Ausgangssignal abgebildet werden, das beispielsweise mit einem Ausgang des oben beschriebenen Transimpedanzverstärkers gekoppelt sein kann. In anderen Betriebsmodi kann hingegen die Oberflächeninformation des Probekörpers auf andere Weise ermittelt werden, zum Beispiel durch optische Detektion einer Auslenkung der Sondenspitze bzw. der Messsonde infolge einer Wechselwirkung zwischen Sondenspitze und Probekörper.

[0045] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung den bereits angesprochenen Transimpedanzverstärker mit mindestens einem Rückkoppelpfad, insbesondere mit mehreren Rückkoppelpfaden, weiter insbesondere mit drei Rückkoppelpfaden, aufweisen. Besagter Transimpedanzverstärker, der die oben beschriebene Funktionalität aufweisen kann, kann insbesondere mit mehreren Rückkoppelpfaden versehen sein, von denen jeder einen zugeordneten Wert des Rückkoppelwiderstands aufweist. Abhängig von einem jeweils aktivierten Rückkoppelwiderstand kann die Verstärkung des Transimpedanzverstärkers (zum Beispiel benutzerspezifisch oder modusspezifisch) eingestellt werden. Ist der Transimpedanzverstärker in einem bestimmten Betriebsmodus aktiviert, so kann durch Auswahl eines gewünschten Rückkoppelpfades auch die Verstärkung variabel eingestellt werden. Es ist auch möglich, bei Aktivierung des Transimpedanzverstärkers mehrere Rückkoppelpfade gleichzeitig zu aktivieren, um noch eine oder mehrere weitere Verstärkungswerte einstellen zu können. Ferner ist es auch möglich, einen Rückkoppelpfad mit flexibel einstellbarer Impedanz vorzusehen (zum Beispiel einstellbar durch ein Steuersignal, das an einen Transistorschalter des Rückkoppelpfades angelegt

wird). Dies erlaubt eine Einstellung der Verstärkung bei besonders kompakter Ausgestaltung der Schaltkreisanordnung. In anderen Ausführungsbeispielen kann es jedoch bevorzugt sein, mehrere Rückkoppelpfade mit jeweils fest eingestelltem Rückkoppelwiderstand zu implementieren und für eine gewünschte Verstärkung einen jeweiligen Rückkoppelwiderstand auszuwählen, da dies erlaubt, die parasitären Kapazitäten besonders stark zu unterdrücken. Außerdem führt dies zu einem besonders fehlerrobusten Betrieb der Schaltkreisanordnung mit einem gut definierten Verstärkungsfaktor.

[0046] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der mindestens eine zweite Schalter selektiv einen jeweiligen des mindestens einen Rückkoppelpfads aktivieren oder deaktivieren. Insbesondere kann für jeden Rückkoppelwiderstand des Transimpedanzverstärkers ein zugehöriger zweiter Schalter vorgesehen sein. Beispielsweise können alle zweiten Schalter geöffnet sein, wenn in einem bestimmten Betriebsmodus der Transimpedanzverstärker deaktiviert werden soll. Soll der Transimpedanzverstärker mit einem bestimmten Wert des Rückkoppelwiderstands (korrespondierend zu einem gewünschten Wert der Verstärkung) betrieben werden, kann mindestens einer der zweiten Schalter der Rückkoppelpfade entsprechend geschlossen werden.

[0047] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein erster Eingang des Transimpedanzverstärkers mit dem Steuereingang gekoppelt sein. Eine am Steuereingang angelegtes Signal kann zu einem gegenwärtig ausgewählten Betriebsmodus korrespondieren und nicht nur der Messsonde zugeführt werden, sondern auch dem ersten Eingang des Transimpedanzverstärkers.

[0048] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein zweiter Eingang des Transimpedanzverstärkers mit dem Sondeneingang und somit mit der Messsonde gekoppelt sein. Dem zweiten Eingang des Transimpedanzverstärkers kann also ein SONDENSIGNAL der Messsonde bereitgestellt werden. Dies ist in einem Betriebsmodus vorteilhaft, in dem am Ausgang des Transimpedanzverstärkers ein für die Oberflächeninformation indikatives Signal ausgegeben werden soll.

[0049] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Auswahleinrichtung ausgebildet sein, zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi (zum Beispiel in allen mechanischen Betriebsmodi) den Transimpedanzverstärker zumindest weitestgehend zu deaktivieren. Eine solche Deaktivierung des Transimpedanzverstärkers kann in Betriebsmodi vorteilhaft sein, in denen der Transimpedanzverstärker unnötig oder sogar unerwünscht ist und daher unschädlich gemacht werden soll. In den besagten Betriebsmodi kann die Oberflächeninformation zum Beispiel optisch durch eine Auslenkung der Sondenspitze ermittelt werden. In diesen Betriebsmodi soll der Transimpedanzverstärker die Messung möglichst wenig beeinflussen, was erreicht werden kann, indem seine beiden Eingänge auf das gleiche elektrische Potenzial gebracht werden. Die Anwesenheit des Transimpedanzverstärkers kann in der Schaltungsanordnung aber dennoch wünschenswert sein, wenn in einem anderen Betriebsmodus, der von der Schaltkreisanordnung ebenfalls unterstützt werden soll, der Transimpedanzverstärker nötig ist, um an seinem Ausgang ein für die Oberflächeninformation des Probekörpers indikatives Signal bereitzustellen. Mit Vorteil kann also eine einzige Schaltungsanordnung geschaffen werden, die unterschiedliche Betriebsmodi unterstützt, in denen der Transimpedanzverstärker entweder benötigt wird oder weitestgehend deaktiviert werden soll. Diese Deaktivierbarkeit ermöglicht es einem Benutzer, ein und dieselbe Schaltungsanordnung sowie ein und dieselbe Messsonde zu verwenden, um unterschiedliche Betriebsmodi zu unterstützen. Eine aufwändige Montage unterschiedlicher Messsonden bzw. unterschiedlicher Betätigungskörper für unterschiedliche Betriebsmodi kann dadurch entbehrlich gemacht werden.

[0050] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung einen Operationsverstärker mit einem ersten Eingang, der mit dem Steuereingang gekoppelt ist, und mit einem zweiten Eingang, der mit einem Ausgang des Operationsverstärkers gekoppelt ist, aufweisen. Anschaulich kann ein solcher Operationsverstärker als sogenannter Active Guard bzw. Driven Guard Amplifier ausgebildet sein, der (in einem bestimmten Betriebsmodus) einen Außenleiter und einen Innenleiter einer Koaxialleitung zwischen Sondenspitze und Schaltkreisanord-

nung auf gleiches elektrisches Potenzial bringt. Dies reduziert Umladeverluste, vergrößert die Bandbreite der Schaltkreisanordnung und vermindert die effektive parasitäre Kapazität, was zu einem verminderten Signalrauschen führt.

[0051] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein Signal am Ausgang des Operationsverstärkers mit einer mit der Messsonde koppelbaren oder gekoppelten Koaxialleitung koppelbar sein. Genauer gesagt kann das Ausgangssignal des Operationsverstärkers an den Außenleiter der besagten Koaxialleitung angeschlossen sein. Dies ermöglicht eine gute Schirmung und somit ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis.

[0052] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanordnung einen Sondeneingang aufweisen, an dem zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi ein Ausgangssignal der Messsonde als Reaktion auf das angelegte Steuersignal gemäß dem ausgewählten Betriebsmodus bereitstellbar ist. In einem solchen Betriebsmodus wird das am Sondeneingang bereitgestellte Signal der Messsonde zum Beispiel durch den oben beschriebenen Transimpedanzverstärker (oder durch einen anderen Verstärker) verarbeitet, sodass an dessen Ausgang ein für die Oberflächeninformation des Probekörpers indikatives Signal kreiert werden kann.

[0053] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann bei einem rasternden Abtasten einer Oberfläche des Probekörpers mittels der Messsonde das an dem Sondeneingang zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi bereitgestellte Ausgangssignal Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers enthalten. Beispielsweise kann der besagte zumindest eine Betriebsmodus ein Conductive Atomic Force Microscopy Modus (CAFM-Modus) sein. In diesem Betriebsmodus beinhaltet das elektrische Ausgangssignal Oberflächeninformation des Probekörpers.

[0054] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann an dem Sondeneingang zumindest in einem anderen der unterschiedlichen Betriebsmodi mittels der Schaltkreisanordnung ein Vorgabesignal für die Messsonde bereitstellbar sein. Wird das Rastersondenmikroskop in einem anderen Betriebsmodus als zum Beispiel ein CAFM-Modus betrieben, kann die Oberflächeninformation durch Messung der Ablenkung der Messsonde ermittelt werden. Der Sondeneingang dient dann nicht mehr zum Bereitstellen eines SONDENSIGNALS an den Transimpedanzverstärker, sondern kann nun mit einem Vorgabesignal der Schaltkreisanordnung für die Messsonde beaufschlagt werden. Anschaulich dient in der zuletzt ausgestalteten Konfiguration die Schaltkreisanordnung zum Bereitstellen des Vorgabesignals an die Sondenspitze und daher als Signalquelle. Dies kann beispielsweise in einem mechanischen Modus, in dem eine Potenzialdifferenz zwischen Probekörper und Sondenspitze auf Null eingestellt werden soll, der Fall sein.

[0055] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanordnung einen frequenzabhängigen Widerstand zwischen dem Sondeneingang und dem Signalausgang aufweisen. Vorteilhaft kann der frequenzabhängige Widerstand ausgebildet sein, bei höheren Frequenzen einen höheren Wert des Widerstands zu haben als bei niedrigeren Frequenzen. Als ein solcher frequenzabhängiger Widerstand kann zum Beispiel ein Ferrit-Widerstand implementiert werden. Anschaulich stellt dieser für hohe Frequenzen einen hohen Widerstand dar und kann daher dazu beitragen, Radiowellenstörungen von der Schaltkreisanordnung fernzuhalten. Dadurch können Störsignale unterdrückt werden und die Schaltkreisanordnung wird robuster gegenüber elektrostatischen Entladungen. In einem alternativen, exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Schaltkreisanordnung von einem solchen frequenzabhängigen Widerstand frei. Das ist zum Beispiel dann vorteilhaft, wenn ein hochfrequentes Steuersignal an die Sondenspitze gelangen soll.

[0056] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanordnung einen Tiefpass am Steuereingang aufweisen. Alternativ oder ergänzend kann die Schaltkreisanordnung einen Tiefpass am Signalausgang aufweisen. Ein derartiger Tiefpass kann hochfrequente Störungen unterdrücken, die zum Beispiel auf den Signalleitungen eingekoppelt werden können und auf Störungen in der Versorgungsspannung bzw. auf eingestrahlte elektromagnetische Wellen zurückgehen können. In einem alternativen, exemplarischen Ausführungsbeispiel ist die Schaltkreisanordnung von solchen Tiefpassen frei. Ein Tiefpass am Steuereingang kann insbesondere

dann mit Vorteil weggelassen werden, wenn ein hochfrequentes Steuersignal an die Sonden-
spitze gelangen soll.

[0057] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanordnung als Plati-
ne (zum Beispiel eine gedruckte Leiterplatte, PCB) ausgebildet sein, die mittels Oberflächen-
montage (d.h. in SMD-Technik) mit diskreten elektronischen Bauelementen (insbesondere aktive
und/oder passive elektronische Bauelemente, von denen zum Beispiel ein Teil als monolithisch
integrierte Halbleiterbauelemente ausgebildet sein kann) bestückt ist.

[0058] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanord-
nung als Platine ausgebildet sein, die mittels Durchsteckmontage mit bedrahteten diskreten elekt-
ronischen Bauelementen bestückt ist.

[0059] Vorzugsweise ist die Platine mit einer Fläche von höchstens 500 mm², insbesondere von
höchstens 400 mm² ausgebildet. Eine solch geringe Baugröße ist sehr vorteilhaft, da hiermit an-
schaulich auch kleine parasitäre Kapazitäten einhergehen, die wiederum zu einem hohen Signal-
Rausch-Verhältnis bzw. zu hohen erreichbaren Bandbreiten führen. Die Bereitstellung der Mög-
lichkeit, ohne die Ummontage von Messsonden bzw. von Betätigungskörpern bei einem Raster-
sondenmikroskop unterschiedliche Betriebsmodi durchführen zu können, kann daher ohne nen-
nenswerte Einbuße an Kompaktheit erreicht werden.

[0060] Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Schaltkreisanord-
nung als monolithisch integrierter Schaltkreis (d.h. als Halbleiterchip, zum Beispiel ausgebildet in
Siliziumtechnik) ausgebildet sein, insbesondere als ein einziger monolithisch integrierter Schalt-
kreis. Wird der gesamte Schaltkreis als ein einziger Halbleiterschaltkreis ausgebildet, ist eine be-
sonders kompakte Realisierung ermöglicht.

[0061] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Konditioniereinrichtung aus-
gebildet sein, für zumindest einen der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, insbeson-
dere in einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, eine Mehrzahl von unterschiedlichen
Verstärkungen, insbesondere mindestens drei unterschiedliche Verstärkungen, zu unterstützen.
Nicht nur unterschiedliche Betriebsmodi, sondern auch unterschiedliche Verstärkungen, können
durch ein und dieselbe Schaltkreisanordnung unterstützt werden. Dies kann zum Beispiel durch
entsprechendes Zuschalten unterschiedlicher Rückkoppelpfade eines Transimpedanzverstär-
kers erfolgen.

[0062] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Auswahleinrichtung ausgebil-
det sein, zwischen einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus einerseits und einem
Electrostatic Force Microscopy bzw. Kelvin Probe Force Microscopy Modus andererseits umzu-
schalten. Ein solches Ausführungsbeispiel ist in Figur 4 und Figur 5 dargestellt.

[0063] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung können eine einzige Messsonde (bzw.
ein einziger Betätigungskörper) und eine einzige Schaltkreisanordnung alle Betriebsmodi unter-
stützen. Dies macht es mit Vorteil entbehrlich, dass ein Benutzer zum Betreiben eines Raster-
sondenmikroskops in unterschiedlichen Betriebsmodi umständlich und fehleranfällig unterschied-
liche Messsonden und/oder unterschiedliche Betätigungskörper montieren bzw. demontieren
muss.

[0064] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Rastersondenmikroskop einen Koaxialleiter
zwischen der Messsonde und der Schaltkreisanordnung aufweisen. Dadurch kann die Schalt-
kreisanordnung besonders störungsrobust ausgebildet werden. Insbesondere kann ein Außen-
leiter des Koaxialleiters mit dem Steuereingang gekoppelt sein und/oder kann ein Innenleiter des
Koaxialleiters mit einem Signalausgang der Schaltkreisanordnung gekoppelt sein.

[0065] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Rastersondenmikroskop als
Rasterkraftmikroskop ausgebildet sein. Das Rasterkraftmikroskop, auch atomares Kraftmikro-
skop oder Atomkraftmikroskop (AFM, atomic force microscope) genannt, ist ein spezielles Ras-
tersondenmikroskop. Es dient als Werkzeug in der Oberflächenchemie und fungiert zur mecha-
nischen Abtastung von Oberflächen und der Messung atomarer Kräfte auf der Nanometerskala.

[0066] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Verfahren ein rasterndes Abtasten einer Oberfläche eines Probekörpers mittels der Messsonde aufweisen, wodurch das an dem Sondereingang zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi, insbesondere in einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, bereitgestellte Ausgangssignal Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers enthält. Gemäß bestimmten Betriebsmodi kann also ein elektrisches Ausgangssignal der Schaltkreisanordnung elektronisch ausgewertet werden, um Informationen über die Probe zu erhalten.

[0067] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann das Verfahren ein rasterndes Abtasten einer Oberfläche eines Probekörpers mittels der Messsonde, und ein Erfassen, insbesondere optisches Erfassen, einer Auslenkung einer Sondenspitze der Messsonde aufweisen, wodurch zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers erhalten werden. Gemäß anderen Ausführungsbeispielen kann somit Probeninformation durch eine optische Erfassung einer Ablenkung der Messsonde (insbesondere ihrer Sondenspitze) als Konsequenz einer Wechselwirkung zwischen einer Oberfläche des Probekörpers und der Sondenspitze abgeleitet werden.

[0068] Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

[0069] Figur 1 zeigt ein Rastersondenmikroskop gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0070] Figur 2 zeigt eine Seitenansicht einer Messsonde mit einem Sondenkörper, einer Sondenspitze und einem dazwischen angeordneten Ausleger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0071] Figur 3 zeigt eine Draufsicht der Messsonde gemäß Figur 2.

[0072] Figur 4 zeigt eine Schaltkreisanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung und eine Messsonde sowie einen Probekörper in einem CAFM Modus.

[0073] Figur 5 zeigt die Schaltkreisanordnung gemäß Figur 4 und die Messsonde sowie den Probekörper in einem EFM/KPFM Modus.

[0074] Figur 6 zeigt einen Schaltplan einer Schaltkreisanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung gemeinsam mit einer Messsonde.

[0075] Figur 7 zeigt die Schaltkreisanordnung gemäß Figur 6 in einem ersten ausgewählten Betriebsmodus.

[0076] Figur 8 zeigt die Schaltkreisanordnung gemäß Figur 6 in einem anderen zweiten ausgewählten Betriebsmodus.

[0077] Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0078] Bevor bezugnehmend auf die Figuren exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden, sollen noch einige allgemeine Aspekte der Erfindung und der zugrundeliegenden Technologien erläutert werden.

[0079] Beim Abtasten einer Probenoberfläche mit einer Messsonde eines Rastersondenmikroskops, insbesondere eines Atomkraftmikroskops, können je nach Messaufgabe und je nach zu untersuchender Probe unterschiedliche mechanische oder elektrische Betriebsmodi zum Einsatz kommen. Rasterkraftmikroskope (Atomic Force Microscope, AFM) werden in ganz unterschiedlichen Betriebsmodi verwendet. Um diese unterschiedlichen Betriebsmodi zu unterstützen, ist herkömmlich unter anderem unterschiedliche Elektronik erforderlich.

[0080] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird eine Elektronik geschaffen, die Wesentlichen ohne Hardware-Modifikation durch den Benutzer in der Lage ist, unterschiedliche mechanische Betriebsmodi (insbesondere Contact Mode, Tapping Mode, Force

Curve, Contact Resonance Amplitude Microscopy, Magnetic Force Mode, Pulsed Force Mode, MFM-FM, etc.) sowie unterschiedliche elektrische Betriebsmodi (zum Beispiel Conductive AFM (CAFM), Electrostatic Force Microscopy (EFM), Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM), EFM-FM, KPFM-FM, etc.) zu unterstützen. Außerdem kann es gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung ermöglicht werden, in einem bestimmten Betriebsmodus (insbesondere in einem CAFM-Betriebsmodus) zwischen unterschiedlichen Verstärkungen zu wählen. Auf diese Weise kann es ermöglicht werden, einem Anwender viele unterschiedliche Betriebsmodi zur Auswahl anbieten zu können, ohne unterschiedliches AFM-Zubehör für unterschiedliche Betriebsmodi einsetzen zu müssen. Herkömmlich muss derartiges unterschiedliches Zubehör manuell angebracht bzw. umgebaut werden, um diese Betriebsmodi abzudecken. Dies ist für einen Benutzer umständlich und birgt hohe Gefahren einer fehlerhaften Montage bzw. Benutzung.

[0081] Drei nützliche elektrische Betriebsmodi sind EFM (Electrostatic Force Microscopy), KPFM (Kelvin Probe Force Microscopy) und CAFM (Conductive AFM). Um diese Betriebsmodi anwenden zu können, werden herkömmlich verschiedene Messsonden bzw. verschiedene Betätigungskörper eingesetzt, welche der Benutzer beim Wechsel von einem Modus zum anderen aus- bzw. einbauen muss. Dies führt zu einem Mehraufwand beim Benutzer und stellt eine zusätzliche potenzielle Fehlerquelle dar.

[0082] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird eine Schaltkreisanordnung in Kombination mit einer Messsonde bereitgestellt, mit denen sowohl unterschiedliche mechanische Betriebsmodi als auch unterschiedliche elektrische Betriebsmodi (insbesondere die drei oben genannten elektrischen Betriebsmodi) betrieben bzw. ausgeführt werden können. Hierfür kann mit Vorteil eine Schaltkreisanordnung zum Einsatz kommen, mit welcher diese Betriebsmodi (insbesondere der CAFM Modus mit drei Verstärkerstufen) ermöglicht werden kann. Gleichzeitig kann durch einfaches Umschalten der Betrieb der anderen beiden elektrischen (und auch mechanischer) Betriebsmodi ermöglicht sein. Eine Schaltkreisanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann als besonders vorteilhaftes Bauelement eine Auswahleinrichtung in Form eines Halbleiterschalters aufweisen, mit dem in einfacher Weise zwischen CAFM einerseits und ERM/KPFM andererseits umgeschaltet werden kann. Mit Vorteil kann daher eine einzige gemeinsame Messsonde bzw. ein einziger gemeinsamer Betätigungskörper (auch Actuator Body oder Scanner Body bzw. Scanner genannt) für alle unterstützten Betriebsmodi eingesetzt werden. Dies reduziert den Aufwand für das Rastersondenmikroskop, ermöglicht eine einfache Handhabung für einen Bediener und trägt zur Fehlervermeidung durch automatisierte Abläufe bei. Zusätzliche Module und das Erfordernis eines manuellen Umbaus zum Durchführen eines anderen Betriebsmodus sind gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung entbehrlich, ohne die Flexibilität des Betriebs unterschiedlicher Betriebsmodi zu verlieren. Bei einer „all-in-one“ Lösung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung können alle erforderlichen Komponenten so untergebracht werden, dass es für keinen der unterstützten Betriebsmodi zu Einschränkungen bzw. Leistungseinbußen kommt. Dies gelingt gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer hochintegrierten und kompakten Implementierung.

[0083] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann eine Anordnung aus einer Messsonde und einer Schaltkreisanordnung mechanische Betriebsmodi und elektrische Betriebsmodi (insbesondere CAFM, vorzugsweise mit drei unterschiedlichen Verstärkungen sowie EFM und KPFM) unterstützen.

[0084] Beispielsweise können die Messsonde und die Schaltkreisanordnung beide Teil eines gemeinsamen Betätigungskörpers bilden oder mit einem solchen Betätigungskörper zu einer einzigen handhabbaren Vorrichtung verbunden sein, der oder die in ein Rastersondenmikroskop eingebaut werden kann. Alternativ können Messsonde und Schaltkreisanordnung als separate Körper gehandhabt werden. Gemäß einer weiteren Alternative kann die Schaltkreisanordnung fest in das Rastersondenmikroskop eingebaut sein, wohingegen die Messsonde (insbesondere gekoppelt mit einem Betätigungskörper) separat von der Schaltkreisanordnung in das Rastersondenmikroskop eingebaut werden kann.

[0085] Eine zu vermessende Probe bzw. ein zu vermessender Probekörper befindet sich beispielsweise auf einem Probenträger. Eine Sondenspitze der Messsonde, die auch als Cantilever-Spitze bezeichnet werden kann, kann in direkten Kontakt mit der Probe sein oder kann sich so nahe an der Oberfläche der Probe befinden, dass es zu einer Wechselwirkung mit der Probe kommt. Betrachtet man unterschiedliche Betriebsmodi eines Rastersondenmikroskops, von denen zumindest ein Teil von einer Schaltungsanordnung gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung unterstützt werden kann, lässt sich hinsichtlich der elektrischen Kontaktierung Folgendes sagen:

[0086] Bei mechanischen Betriebsmodi kann der Probenträger auf elektrischem Massepotenzial und kann die Sondenspitze ebenfalls auf elektrischem Massepotenzial befindlich sein.

[0087] Bei einem EFM-Betriebsmodus kann der Probenträger auf elektrischem Massepotenzial und kann die Sondenspitze auf einer Quasi-Gleichspannung von zum Beispiel -10V bis +10V (insbesondere geregelt) befindlich sein.

[0088] Bei einem KPFM-Betriebsmodus kann der Probenträger auf elektrischem Massepotenzial befindlich sein. Die Sondenspitze kann mit einem Anregungssignal beaufschlagt werden, das eine Überlagerung von Gleich- und Wechselspannungssignalen mit einer Gesamtamplitude zwischen zum Beispiel -10V und +10V und beispielsweise Frequenzen bis zu ca. 250kHz sein kann (dies kann insbesondere in geregelter Weise erfolgen).

[0089] Bei einem CAFM-Betriebsmodus kann der Probenträger mit einem Gleichspannung-Anregungssignal von beispielsweise -10V bis +10V beaufschlagt werden. Die Sondenspitze hingegen kann auf einem Potenzial liegen, das ein virtueller Nullpunkt sein kann.

[0090] Primäre elektrische Messgröße kann der Strom durch die Sondenspitze bzw. Cantilever-Spitze sein. Abhängig von der Leitfähigkeit der Probe kann gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zwischen (insbesondere drei) unterschiedlichen Strommessbereichen gewählt werden (zum Beispiel $\pm 2000\text{nA}$, $\pm 20\text{nA}$ und $\pm 2\text{nA}$). Für die Messung dieser kleinen Ströme kann zum Beispiel ein Operationsverstärker zum Einsatz kommen, der bevorzugt als Transimpedanzverstärker (TIA) mit umschaltbarer Verstärkung ausgeführt sein kann. Um das Rauschen möglichst gering zu halten, kann die Verstärkung dieser ersten Stufe möglichst groß eingestellt werden. Betrachtet man lediglich die elektrischen Verbindungen zum Probenträger bzw. zur Sondenspitze, so kann ein EFM-Betriebsmodus als äquivalent zu einem KPFM-Betriebsmodus angesehen werden.

[0091] Mit Vorteil kann gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Elektronik in Form einer Schaltungsanordnung geschaffen werden, die unterschiedliche Betriebsmodi (insbesondere mechanische Betriebsmodi sowie einen CAFM-Betriebsmodus, einen EFM-Betriebsmodus und einen KPFM-Betriebsmodus) unterstützt.

[0092] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel kann in einem CAFM-Betriebsmodus zwischen (insbesondere mindestens zwei, weiter insbesondere drei) unterschiedlichen voneinander unabhängigen Verstärkungen (insbesondere elektronisch) gewählt werden. Aufgrund der ausgeklügelten Implementierung einer Schaltungsanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, insbesondere gemäß Figur 6, kommt es trotzdem zu keiner signifikanten Verschlechterung wichtiger Parameter wie Rauschen, Offset (Leckströme) oder Signalverzerrung.

[0093] Ferner kann eine Schaltungsanordnung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer sehr kompakten Ausführung (beispielsweise mit einem Flächenbedarf von ungefähr 360mm^2) realisiert werden. Dies ermöglicht eine optimale Platzierung der elektronischen Komponenten sowie eine Unterdrückung (insbesondere eine Minimierung) der parasitären Eingangskapazitäten, insbesondere an einem Transimpedanzverstärker.

[0094] Figur 1 zeigt eine Messsonde 12 samt einer Schaltungsanordnung 50 und ein zugehöriges Rastersondenmikroskop 81 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Insbesondere veranschaulicht Figur 1 ein Rastersondenmikroskop 81 gemäß einem exemplari-

schen Ausführungsbeispiel der Erfindung, das als Rasterkraftmikroskop (atomic force microscope, AFM) ausgebildet ist.

[0095] Bei dem Rastersondenmikroskop 81 wird in bestimmten Betriebsmodi ein Cantileverauschlag, d.h. eine Positionsveränderung bzw. eine Formänderung der in Figur 2 und Figur 3 näher gezeigten Messsonde 12 mithilfe einer optischen Sensorik detektiert. In anderen Betriebsmodi kann die Detektion und somit ein Rückschluss auf Eigenschaften eines untersuchten Probekörpers 86 durch Ermittlung eines elektrischen Signals an einem Signalausgang der mit der Messsonde 12 elektrisch gekoppelten Schaltkreisanordnung 50 erlauben. Beides wird unten näher beschrieben. Die Schaltkreisanordnung 50 kann von einer Steuereinheit 150 gesteuert werden.

[0096] Die Messsonde 12 weist einen Sondenkörper 51 und eine mittels eines Auslegers 52 mit dem Sondenkörper 51 verbundene Sondenspitze 85 auf. Eine elektromagnetische Strahlungsquelle 82 (zum Beispiel eine Laserquelle) kann einen elektromagnetischen Primärstrahl 93 (insbesondere einen Lichtstrahl) über eine Fokussierungseinrichtung 92 (die als Anordnung von einer oder mehreren optischen Linsen ausgebildet sein kann) auf die Messsonde 12 senden. Der von der Messsonde 12 reflektierte elektromagnetische Sekundärstrahl 83 propagiert zu einem foto- und positionssensitiven Detektor 90 (insbesondere kann der elektromagnetische Sekundärstrahl 83 mittels eines Umlenkspiegels 94 oder eines anderen optischen Umlenkelements auf den positionssensitiven Detektor 90 umgelenkt werden). Wird die Messsonde 12 über einen Aktor 84 (der eine Positionsveränderung, in der gemäß Figur 1 vertikalen z-Richtung bewerkstelligen kann) in Bewegung gebracht und/oder verändert die Messsonde 12 ihre Form, kann eine Veränderung des Laserlichts am positionssensitiven Detektor 90 detektiert werden. Je nach Wechselwirkung der Messspitze 85 (auch als Cantileverspitze bezeichnet) der Messsonde 12 mit einem zu untersuchenden bzw. zu charakterisierenden Probekörper 86 wird der Ausschlag der Messsonde 12 variieren und ein dazugehöriger Bereich am Detektor 90 vom elektromagnetischen Sekundärstrahl 83 getroffen. Das Detektorsignal kann dann in einer Auswerteeinheit 88 verarbeitet werden. Auswerteeinheit 88 und Steuereinheit 150 können auch in einer einzigen Einheit integriert sein. Das entstehende hochauflösende Bild der Oberfläche des Probekörpers 86 kann dann mittels einer Anzeigevorrichtung 89 dargestellt werden.

[0097] In der oben angesprochenen Konfiguration der Schaltkreisanordnung 50, in der eine Information über den Probekörper 86 elektrisch von der Schaltkreisanordnung 50 erfasst werden kann, kann die Schaltkreisanordnung 50 ein entsprechendes elektrisches Sondensignal an die Auswerteeinheit 88 zur Weiterverarbeitung übermitteln. Nach Weiterverarbeitung eines solchen elektrischen Sondensignals durch die Auswerteeinheit 88 kann das Ergebnis mittels der Anzeigevorrichtung 89 dargestellt werden.

[0098] Eine Oberfläche des Probekörpers 86 kann mit der Messspitze 85 (d.h. einer empfindlichen Spitze der Messsonde 12) abgerastert werden. Ein Probenstisch 97 ist in der gemäß Figur 1 horizontalen Ebene (d.h. in einer zu der z-Achse orthogonalen x-Richtung und y-Richtung) mittels Aktoren 98 bewegbar. Das Rastersondenmikroskop 81 dient somit zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers 86 mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probekörpers 86 mittels der Messsonde 12.

[0099] Die bereits angesprochene Schaltkreisanordnung 50 dient zum Betreiben der Messsonde 12. Insbesondere kann die Schaltkreisanordnung 50 der Messsonde 12 Steuersignale bzw. Vorgabesignale übermitteln, je nach aktuell unterstütztem Betriebsmodus. Mit Vorteil kann eine einzige Messsonde 12 (bzw. ein einziger Betätigungskörper) und eine einzige Schaltkreisanordnung 50 alle Betriebsmodi unterstützen. Schaltkreisanordnungen 50, die dies bewerkstelligen kann, werden unten bezugnehmend auf Figur 4 bis Figur 8 beschrieben.

[00100] Insbesondere kann bei dem Rastersondenmikroskop 81 ein rasterndes Abtasten einer Oberfläche eines Probekörpers 86 mittels der Messsonde 12 durchgeführt werden. An einem Sondereingang (siehe Bezugszeichen 66 in Figur 6) der Schaltkreisanordnung 50 kann zum Beispiel ein Ausgangssignal der Messsonde 12 anlegen und in der Schaltkreisanordnung 50 zu einem elektrischen Ausgangssignal weiterverarbeitet werden, das Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers 86 enthält. In einem anderen Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops

81 kann indes optisch Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers 86 erhalten werden, d.h. durch eine veränderte Ablenkung des Primärstrahls 93 durch die Messsonde 12 zu dem Sekundärstrahl 83. In diesem Betriebszustand kann die Schaltkreisanordnung 50 der Messsonde 12 ein Steuersignal bzw. ein Vorgabesignal bereitstellen, um die Schaltkreisanordnung 50 entsprechend diesem anderen Betriebszustand zu konfigurieren. Dies kann zum Beispiel dadurch erfolgen, dass mittels der Schaltkreisanordnung 50 das gleiche Potenzial an den Probekörper 86 und an die Sondenspitze 85 angelegt wird.

[00101] Figur 2 zeigt eine Seitenansicht der Messsonde 12 mit ihrem plättchenförmigen Sondenkörper 51, ihrer punktförmigen Sondenspitze 85 und ihrem dazwischen angeordneten und als flexibler Arm ausgebildeten Ausleger 52. Figur 3 zeigt eine Draufsicht der Messsonde 12 gemäß Figur 2. In Figur 2 und Figur 3 sind eine Oberseite 100, eine Unterseite 101, eine Vorderseite 102, eine Rückseite 103 sowie Seitenflächen 104 der Messsonde 12 dargestellt. Die Vorderseite 102 umfasst die auf der rechten Seite der Messsonde 12 dargestellte vertikale Fläche 133 sowie die beiden angrenzenden Fasen 135, 137. Die Rückseite 103 umfasst die auf der linken Seite der Messsonde 12 dargestellte vertikale Fläche 143 sowie die beiden angrenzenden Fasen 145, 147. Der Sondenkörper 51 ist ein flächiges Plättchen mit einer Länge und einer Breite im Bereich von typischerweise wenigen Millimetern. Der Ausleger 52 hat eine Breite von zum Beispiel wenigen Mikrometern. Die Sondenspitze 85 hat Dimensionen, die im Bereich von jenen des Auslegers 52 oder darunter liegen.

[00102] Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Schaltkreisanordnung 50 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung in einem CAFM Modus. Figur 4 zeigt darüber hinaus eine Messsonde 12 und einen Probekörper 86.

[00103] Gemäß Figur 4 wird die Messsonde 12 so betrieben, dass mittels einer Spannungsquelle 210 eine Gleich- oder Wechselspannung zwischen Sondenspitze 85 und Probekörper 86 angelegt wird. Wie mit Bezugszeichen 162 dargestellt, ist an einen Eingang eines Transimpedanzverstärkers 72 der Schaltkreisanordnung 50 in dem dargestellten Betriebsmodus ein virtueller Nullpunkt angelegt. Der virtuelle Nullpunkt kann jedes beliebige Potenzial, insbesondere ein Massepotenzial aufweisen. Ein Rückkoppelpfad 74 des Transimpedanzverstärkers 72 ist gemäß Figur 4 aktiviert. In diesem Betriebszustand kann der Transimpedanzverstärker 72 den elektrischen Probenstrom an der Sondenspitze 85 messen und somit an einem Signalausgang 70 ein elektrisches Signal ausgeben, das für die Oberflächeninformation des Probekörpers 86 indikativ ist.

[00104] Figur 5 zeigt die Schaltkreisanordnung 50 gemäß Figur 4 in einem anderen Betriebszustand, nämlich in einem EFM/KPFM Modus.

[00105] Gemäß dem Betriebszustand von Figur 5 wird mittels der Spannungsquelle 210 der Schaltkreisanordnung 50 ein Wechselspannungssignal mit einem überlagerten Gleichspannungssignal zwischen Probekörper 86 und Sondenspitze 85 angelegt. Das mit Bezugszeichen 162 dargestellte Nullvolt-Potenzial befindet sich jetzt an der Unterseite des Probekörpers 86. In diesem Betriebszustand wird die Information über die Oberfläche des Probekörpers 86 durch Reflexion eines Laserstrahls an der Messsonde 12 (deren Sondenspitze 85 infolge der Wechselwirkung zwischen Probekörper 86 und Sondenspitze 85 ausgelenkt wurde) optisch ermittelt, wie auch in Figur 1 mit Bezugszeichen 83 und 93 dargestellt. Die Schaltkreisanordnung 50 hat gemäß diesem Betriebszustand nicht die Aufgabe, einen elektrischen Probenstrom auszuwerten, sondern stellt der Messsonde 12 und dem Probekörper 86 lediglich geeignete elektrische Potenziale zur Verfügung. Der in Figur 4 messtechnisch relevante Transimpedanzverstärker 72 ist in dem Betriebszustand gemäß Figur 5 eher störend (da er eine Gefahr für die Signalqualität darstellt) und daher deaktiviert. Dies ist in Figur 5 durch ein Kreuz 214 symbolisiert.

[00106] Gemäß Figur 4 und Figur 5 ist eine Auswahlleinrichtung (nicht dargestellt, vergleiche Bezugszeichen 64 in Figur 6) der Schaltkreisanordnung 50 ausgebildet, zwischen einem Conductive Atomic Force Microscopy (CAFM) Modus gemäß Figur 4 einerseits und einem Electrostatic Force Microscopy (EFM) bzw. Kelvin Probe Force Microscopy (KPFM) Modus andererseits gemäß Figur 5 umzuschalten.

[00107] Figur 6 zeigt einen Schaltplan einer Schaltkreisanordnung 50 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die in Figur 6 dargestellte Schaltkreisanordnung 50 kann beispielsweise in dem Rastersondenmikroskop 81 gemäß Figur 1 zum Einsatz kommen. Ferner kann die in Figur 6 dargestellte Schaltkreisanordnung 50 zur Realisierung der Prinzipskizzen gemäß Figur 4 und Figur 5 eingesetzt werden. Die in Figur 6 dargestellte Schaltkreisanordnung 50 dient zum Betreiben einer Messsonde 12 (vergleiche Figur 2 und Figur 3) eines Rastersondenmikroskops 81 (siehe Figur 1).

[00108] Die Schaltkreisanordnung 50 hat einen Steuereingang 60, an dem ein Steuersignal zum Zuführen zu der Messsonde 12 bereitstellbar ist. Das besagte Steuersignal kann von einer Steuereinheit 150 (zum Beispiel einer BIAS AB-Komponente) generiert werden, die innerhalb oder außerhalb der Schaltkreisanordnung 50 angeordnet sein kann. Die räumliche Begrenzung der Schaltkreisanordnung 50 im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 ist mit Bezugszeichen 180 dargestellt. Gemäß Figur 6 bildet der Steuereingang 60 die Modulgrenze zwischen der Schaltkreisanordnung 50 und ihrer elektronischen Umgebung. Mittels eines Steuersignals am Steuereingang 60 kann eine Potenzialvorgabe für die Messsonde 12 in die Schaltkreisanordnung 50 eingespeist werden. Das eingespeiste Steuersignal wird gemäß Figur 6 nicht direkt der Messsonde 12 zugeführt, sondern indirekt über diverse schaltungstechnische Komponenten einer im Weiteren näher beschriebenen Konditioniereinrichtung 62. Insbesondere ist an den Steuereingang 60 ein Tiefpass 40 angeschlossen, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel durch einen ohmschen Widerstand 151 und einen mit einem Anschluss zu Massepotenzial 162 befindlichen Kondensator 152 ausgebildet ist. Eine Grenzfrequenz des Tiefpasses 40 kann zum Beispiel 2,8 MHz betragen. Anschaulich dient der eingangsseitige Tiefpass 40 zum Herausfiltern hochfrequenter Störungen, die zum Beispiel eine Folge von Schwankungen der Versorgungsspannung und/oder der Einstrahlung parasitärer elektromagnetischer Wellen aus der Umgebung sein können.

[00109] Die besagte Konditioniereinrichtung 62 dient zum Konditionieren der Messsonde 12 bzw. der Schaltkreisanordnung 50 zum Betrieb des Rastersondenmikroskops 81 gemäß einem jeweils auswählbaren einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, wie unten näher beschrieben. Genauer gesagt weist die Konditioniereinrichtung 62 diverse elektronische Komponenten auf, von denen jeweils mindestens ein Teil zur Durchführung eines ausgewählten Betriebsmodus benötigt bzw. eingesetzt wird. Ein jeweils anderer Teil kann zur Durchführung eines anderen Betriebsmodus dienen und kann in dem zuerst angesprochenen Betriebsmodus inaktiv sein bzw. deaktiviert werden. Da die Schaltkreisanordnung 50 in Zusammenarbeit mit der Messsonde 12 mehrere unterschiedliche Betriebsmodi des Rastersondenmikroskops 81 unterstützt, ohne dass hierbei ein Umbau der Messsonde 12 bzw. der Schaltungsanordnung 50 an dem Rastersondenmikroskop 81 vonnöten wäre, können einzelne elektronische Komponenten der Schaltkreisanordnung 50 in einem Betriebsmodus benötigt werden (zum Beispiel Transimpedanzverstärker 72 in einem bestimmten elektrischen Betriebsmodus), wohingegen eine solche elektronische Komponente in einem anderen Betriebsmodus unnötig oder sogar störend sein kann (beispielsweise kann der Transimpedanzverstärker 72 in einem anderen Betriebsmodus eher stören und kann daher schaltungstechnisch in einem solchen Betriebsmodus weitestgehend deaktiviert werden und daher unschädlich gemacht werden). Ein großer Vorteil der Schaltungsanordnung 50 besteht darin, dass ein Umbau des Rastersondenmikroskops 81 durch einen Benutzer zum Durchführen unterschiedlicher Betriebsmodi entbehrlich ist. Dadurch kann das Rastersondenmikroskop 81 flexibel eingesetzt werden, ohne dass eine fehleranfällige aufwändige Benutzeraktivität erforderlich wäre.

[00110] Insbesondere weist die Konditioniereinrichtung 62 einen eingangsseitigen Operationsverstärker 76 auf. Anschaulich ist der Operationsverstärker 76 als Active Guard bzw. Driven Guard Amplifier ausgebildet, der dazu dienen kann, einen Außenleiter 72 einer Koaxialleitung 71 zwischen Messsonde 12 und Schaltkreisanordnung 50 auf gleiches elektrisches Potenzial wie einen Innenleiter 73 der Koaxialleitung 71 zu bringen. Insbesondere in einem CAFM-Betriebsmodus bewirkt der Operationsverstärker 76 in der dargestellten Verschaltung mit Vorteil eine starke Rauschunterdrückung, da parasitäre Kapazitäten auf diese Weise gering gehalten werden können. Anders ausgedrückt kann eine Potenzialdifferenz zwischen dem Außenleiter 71 und dem Innenleiter 73 auf Null eingestellt werden. Anschaulich können dadurch Umladevorgänge unter-

drückt werden. Folglich kann ein Betrieb der Schaltkreisanordnung 50 mit größerer Bandbreite bzw. geringerem Rauschen ermöglicht werden. Ein erster Eingang des Operationsverstärkers 76 ist mit dem Steuereingang 60 gekoppelt. Ein zweiter Eingang des Operationsverstärkers 76 ist mit einem Ausgang des Operationsverstärkers 76 rückgekoppelt. Ein Signal am Ausgang des Operationsverstärkers 76 ist über einen ohmschen Widerstand 153 mit dem Koaxialleiter 71 gekoppelt. Der ohmsche Widerstand 153 unterdrückt mögliche Instabilitäten des Operationsverstärkers 76 und dient daher zur Stabilisierung der Schaltungsanordnung 50.

[00111] Eine andere, bereits angesprochene elektronische Komponente der Konditioniereinrichtung 62 ist der Transimpedanzverstärker 72, der gemäß Figur 6 mit drei zueinander parallel geschalteten Rückkoppelpfaden 74 ausgebildet ist. Ein erster Eingang des Transimpedanzverstärkers 72 ist mit dem Steuereingang 60 gekoppelt. Ein zweiter Eingang des Transimpedanzverstärkers 72 ist mit einem Sondeneingang 66 gekoppelt, der eine Schnittstelle zwischen der Messsonde 12 und der Schaltkreisanordnung 50 bildet. Wie unten näher beschrieben wird, dient der Transimpedanzverstärker 72 in einem bestimmten elektrischen Betriebsmodus zum Verarbeiten eines elektrischen Ausgangssignals der Messsonde 12, um aus diesem elektrischen Signal Informationen über die Oberflächenbeschaffenheit eines mit der Messsonde 12 wechselwirkenden Probekörpers 86 zu gewinnen. In einem anderen Betriebsmodus hingegen kann der Transimpedanzverstärker 72 durch die unten näher beschriebene Auswahleinrichtung 64 ganz oder teilweise deaktiviert werden, wie unten ebenfalls näher beschrieben wird.

[00112] In der in Figur 6 dargestellten Konfiguration der Konditioniereinrichtung 62 ist diese somit zum Konditionieren der Messsonde 12 bzw. der Schaltkreisanordnung 50 zum Betrieb gemäß unterschiedlichen Betriebsmodi ausgebildet, aus denen von einem Benutzer oder einer Steuersoftware ein jeweiliger ausgewählt werden kann. Eine Auswahleinrichtung 64 der Schaltkreisanordnung 50 fungiert zum Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der oben angesprochenen Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, die von der Schaltkreisanordnung 50 und der universell eingesetzten Messsonde 12 unterstützt werden. Durch Auswahl eines der unterstützten Betriebsmodi kann zum Beispiel benutzerseitig, softwaregesteuert oder schaltungs-technisch vorgegeben werden, gemäß welchem dieser Betriebsmodi die Messsonde 12 aktuell betrieben werden soll. Zu diesem Zweck weist die Auswahleinrichtung 64 mehrere Schalter 68, 69 auf. Mit Vorteil können die Schalter 68, 69 als Halbleitertransistorschalter ausgebildet sein, insbesondere als monolithisch integrierte Feldeffekttransistor-Schalter. Derartige analoge Schalter 68, 69 können zum Beispiel in Siliziumtechnologie realisiert werden. Die analogen Schalter 68, 69 können dazu bestimmt sein, in der Schaltkreisanordnung 50 bestimmte elektrische Pfade zu aktivieren bzw. andere elektrische Pfade zu deaktivieren. Ein solcher Halbleiterschalter, der auch als analoger Schalter bezeichnet werden kann, hat eine besonders geringe Eingangskapazität und einen geringen Leckstrom. Folglich kann die Schaltkreisanordnung 50 mit solchen Halbleiterschaltern vorteilhaft mit geringen parasitären Verlusten und hohem Signal-Rausch-Verhältnis betrieben werden. Durch die Stellung der Schalter 68, 69 in einer bestimmten Schalterstellung (insbesondere jeweils offen oder geschlossen) kann in Kombination mit der Vorgabe eines geeigneten Steuersignals am Steuereingang 60 ein von der Schaltkreisanordnung 50 unterstützter Betriebsmodus eingestellt werden. Weitere Aktivitäten sind nicht erforderlich, um mittels der Schaltkreisanordnung 50 einen bestimmten Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops 81 mit seiner Messsonde 12 vorzugeben bzw. zu definieren.

[00113] Wie in Figur 6 dargestellt, weist die Auswahleinrichtung 64 einen ersten Schalter 68 (wobei jede andere Anzahl erster Schalter 68 ebenfalls möglich ist) auf, der selektiv die beiden Eingänge des Transimpedanzverstärkers 72 der Konditioniereinrichtung 62 miteinander koppelt oder voneinander entkoppelt. Ferner enthält die Auswahleinrichtung 64 drei zweite Schalter 69 (wobei jede andere Anzahl zweiter Schalter 69 ebenfalls möglich ist), die selektiv einen jeweiligen der drei Rückkoppelpfade 74 (wobei jede andere Anzahl von Rückkoppelpfaden 74 ebenfalls möglich ist) des Transimpedanzverstärkers 72 aktivieren oder deaktivieren. Sind alle zweiten Schalter 69 geöffnet und ist der erste Schalter 68 geschlossen, so sind die beiden Eingänge des Transimpedanzverstärkers 72 auf das gleiche (oder zumindest im Wesentlichen auf das gleiche) elektrische Potenzial gebracht und sind alle Rückkoppelpfade 74 deaktiviert. Somit ist die Auswahleinrichtung

tung 64 ausgebildet, in einem solchen Betriebsmodus des Rastersondenmikroskops 81 den Transimpedanzverstärker 72 vorübergehend zu deaktivieren, da dann im Wesentlichen keine Verstärkung eines Differenzsignals an seinen Eingängen erfolgt und auch keine Rückkopplung des Ausgangs mit einem Eingang des Transimpedanzverstärkers 72 ermöglicht ist.

[00114] Der dargestellte Transimpedanzverstärker 72 hat den Vorteil, dass durch Einstellen entsprechender Schalterstellungen der zweiten Schalter 69 ein zugehöriger Betriebsmodus der Schaltkreisanordnung 50 bzw. des Rastersondenmikroskops 81 mit unterschiedlichen Verstärkungen möglich ist, da jedem zugeschalteten Rückkoppelpfad 74 ein zugehöriger Wert des Rückkoppelwiderstands bzw. der Rückkoppelimpedanz und somit eine jeweils unterschiedliche Verstärkung zugeordnet ist. Ein Fachmann wird verstehen, dass der Transimpedanzverstärker 72 in anderen Ausführungsformen durch einen anderen Verstärker (zum Beispiel einen Operationsverstärker, der keinen Rückkoppelpfad 74 aufweisen muss) ersetzt werden kann. Dennoch ist der Einsatz eines Transimpedanzverstärkers 72 in der in Figur 6 dargestellten Weise besonders vorteilhaft, da er einen elektrischen Betriebsmodus mit unterschiedlichen Verstärkungswerten unterstützt.

[00115] An dem Sondeneingang 66 an einer Grenze zwischen Messsonde 12 und Schaltkreisanordnung 50 (genauer gesagt zwischen der an die Messsonde 12 angeschlossenen Koaxialleitung 71 und der Schaltkreisanordnung 50) kann - in bestimmten Betriebszuständen - ein Ausgangssignal der Messsonde 12 als Reaktion auf das angelegte Steuersignal gemäß einem ausgewählten Betriebsmodus bereitgestellt werden. Ein solches Szenario liegt insbesondere bei einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus vor, bei dem ein elektrisches Signal der Messsonde 12 Informationen über Probekörper 86 liefert. In einem solchen Betriebsmodus kann die Schaltkreisanordnung 50 eine vorgebbare elektrische Potenzialdifferenz zwischen einer Sondenspitze 85 der Messsonde 12 und einem Probekörper 86 einstellen. Dann kann an dem Sondeneingang 66 ein Ausgangssignal der Messsonde 12 als Reaktion auf das angelegte Steuersignal in die Schaltkreisanordnung 50 eingekoppelt werden. Gemäß einem solchen Szenario kann bei einem rasternden Abtasten einer Oberfläche des Probekörpers 86 mittels der Messsonde 12 das an dem Sondeneingang 66 bereitgestellte Ausgangssignal Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers 86 enthalten. Dieses am Sondeneingang 66 dann bereitgestellte Ausgangssignal der Messsonde 12 kann durch den in diesem Betriebsmodus aktivierten Transimpedanzverstärker 72 unter Auswahl einer zugehörigen Verstärkung durch Zuschalten von mindestens einem der Rückkoppelpfade 74 verstärkt werden und an einem Signalausgang 70 der Schaltkreisanordnung 50 (zum Beispiel zur Weiterverarbeitung durch die in Figur 1 dargestellte Auswerteeinheit 88) bereitgestellt werden. Allgemeiner kann somit an dem Signalausgang 70 in zumindest einen der unterstützten Betriebsmodi das Ausgangssignal nach Verarbeitung mittels der Konditioniereinrichtung 62 bereitgestellt werden.

[00116] In einem anderen Betriebsmodus ist die Schaltkreisanordnung 50 ausgebildet, eine elektrische Potenzialdifferenz zwischen einer Sondenspitze 85 der Messsonde 12 und einem Probekörper 86 auf Null zu halten. In diesem Szenario wird an dem Sondeneingang 66 mittels der Schaltkreisanordnung 50 ein Vorgabesignal für die Messsonde 12 bereitgestellt. Anschaulich stellt in diesem anderen Betriebsmodus die Schaltkreisanordnung 50 der Messsonde 12 am Sondeneingang 66 ein elektrisches Vorgabesignal bereit und dient daher nun als Signalquelle. Nun ist die Funktion der Schaltkreisanordnung 50 darauf gerichtet, zwischen Messsonde 12 und Probekörper 86 keine elektrische Potenzialdifferenz anzulegen, sondern vielmehr die elektrischen Potenziale von Messsonde 12 und Probekörper 86 möglichst identisch einzustellen. Am Sondeneingang 66 liegt nun auch kein auswertbares Signal der Messsonde 12 vor, aus dem Information über die Oberflächenbeschaffenheit des Probekörpers 86 abgeleitet werden kann. Diese Information wird in dem nunmehr ausgewählten Betriebszustand des Rastersondenmikroskops 81 optisch mittels eines Laserstrahls anhand einer Auslenkung der Sondenspitze 85 ermittelt, wie bezugnehmend auf Figur 1 beschrieben (siehe Bezugszeichen 83 und 93 sowie die zugehörige Beschreibung). In diesem mechanischen Betriebszustand ist der Transimpedanzverstärker 72 ohne Funktion bzw. sogar störend. Daher kann dieser in dem besagten mechanischen Betriebszustand funktionell weitestgehend deaktiviert werden, sodass dieser schaltungstechnisch vo-

rübergehend unschädlich gemacht wird. Hierfür werden durch Schließen des ersten Schalters 68 die beiden Eingänge des Transimpedanzverstärkers 72 auf gleiches elektrisches Potenzial gebracht bzw. kurzgeschlossen. Durch Öffnen aller zweiten Schalter 69 wird für den Transimpedanzverstärker 72 nun auch kein Rückkoppelpfad 74 aktiviert.

[00117] Wie Figur 6 ebenfalls zu entnehmen ist, kann zwischen dem Sondeneingang 66 und dem Transimpedanzverstärker 72 ein frequenzabhängiger Widerstand 78 zwischengeschaltet werden. Beispielsweise kann der frequenzabhängige Widerstand 78 als Ferrit-Widerstand ausgebildet werden. Der frequenzabhängige Widerstand 78 kann so konfiguriert werden, dass er für hohe Frequenzen einen höheren Widerstand hat als für niedrige Frequenzen. Dadurch können Radiowellenstörungen unterdrückt werden und die Robustheit gegen elektrostatische Entladungen wird erhöht.

[00118] Ferner ist beim Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 ein weiterer Tiefpass 42 am Signalausgang 70 vorgesehen, genauer gesagt zwischen dem Ausgang des Transimpedanzverstärkers 72 und dem Signalausgang 70 der Schaltungsanordnung 50. Dieser weitere Tiefpass 42 ist aus einem ohmschen Widerstand 160 und einem Kondensator 161 gebildet, dessen einer Anschluss auf elektrischem Massepotenzial 162 befindlich ist. Eine Grenzfrequenz des Tiefpasses 42 kann beispielsweise 1,59 kHz betragen. Der Tiefpass 42 dient zur Unterdrückung hochfrequenter Störungen im Bereich des Signalausgangs 70.

[00119] Wie bereits beschrieben ist die Konditioniereinrichtung 62 aufgrund des Vorsehens von drei separaten Rückkoppelpfaden 74 ausgebildet, für einen bestimmten elektrischen Betriebsmodus drei unterschiedliche Verstärkungen zu unterstützen. Jeder der Rückkoppelpfade 74 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel durch eine Parallelschaltung eines jeweiligen ohmschen Widerstands 155, 157, 159 mit einem jeweiligen Kondensator 154, 156, 158 gebildet. Zum Beispiel können die Widerstandswerte der ohmschen Widerstände 155, 157, 159 in einem Bereich zwischen 4 M Ω und 5 G Ω , weiter insbesondere bis 10 G Ω liegen. Andere Werte sind möglich. Ein Fachmann wird verstehen, dass unterschiedliche Rückkoppelpfade 74 auch durch andere Schaltungen von festen oder einstellbaren ohmschen Widerständen, Kondensatoren und/oder Induktivitäten gebildet werden können.

[00120] Um die drei unterschiedlichen Verstärkungen zu realisieren, können die Widerstände 155, 157 und 159 beispielsweise Widerstandswerte von 5 M Ω , 500 M Ω und von 5 G Ω aufweisen.

[00121] Figur 7 zeigt die Schaltungsanordnung 50 gemäß Figur 6 in einem ersten ausgewählten Betriebsmodus, nämlich einem CAFM-Betriebsmodus. Dieser kann ausgewählt werden, indem der erste Schalter 68 geöffnet wird und (mindestens) einer der zweiten Schalter 69 geschlossen wird. Durch Auswahl des oder der geschlossenen zweiten Schalter 69 kann die Verstärkung eingestellt werden.

[00122] Eine besondere Herausforderung ist es, die Eingangsstrukturen des Transimpedanzverstärkers 72 im CAFM Betrieb möglichst klein zu halten (höhere elektrische Kapazität wirkt sich negativ auf die Performance aus). Ferner kann es vorteilhaft sein, zusätzlich die Möglichkeit zu schaffen, den Transimpedanzverstärker 72 für einen anderen Betriebsmodus außer Kraft zu setzen, um die Cantilever-Spitze bzw. die Sondenspitze 85 mit einer Spannungsquelle zu verbinden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass andere Betriebsmodi ebenfalls unterstützt werden.

[00123] Für diverse Umschaltvorgänge wird bevorzugt ein Halbleiterschalter (analog switch, semiconductor switch, CMOS switch) für den ersten Schalter 68 bzw. auch für die zweiten Schalter 69 eingesetzt. Im CAFM Betrieb wird der als Halbleiterschalter ausgebildete erste Schalter 68 geöffnet, um den gewünschten Betriebsmodus einzustellen. Ferner wird (mindestens) einer der ebenfalls als Halbleiterschalter ausgebildeten zweiten Schalter 69 geschlossen, wodurch eine Auswahl der Verstärkung erfolgt. Dadurch wird der in Figur 7 mit Bezugszeichen 300 gekennzeichnete elektrische Pfad aktiviert.

[00124] Das am Steuereingang 60 bereitgestellte Steuersignal wird in dem beschriebenen Betriebsmodus auf Bezugspotential gelegt (insbesondere Massepotenzial) und dient einerseits als Referenzpotential für den Transimpedanzverstärker 72 (an dessen positivem Eingang „+“) und

andererseits als aktive Schirmung (Active Guard bzw. Driven Guard) mittels des Operationsverstärkers 76 bis zur Cantilever-Spitze bzw. Sondenspitze 85 der Messsonde 12.

[00125] Figur 8 zeigt die Schaltkreisanordnung 50 gemäß Figur 6 in einem zweiten ausgewählten Modus. Für einen EFM- bzw. KPFM-Betriebsmodus (und für mechanische Betriebsmodi) kann der Transimpedanzverstärker 72 in einen Open-Loop-Betrieb überführt werden. Hierfür werden alle drei zweiten Schalter 69 geöffnet. Dadurch wird die Rückwirkung des Transimpedanzverstärkers 72, der am Ausgang aufgrund einer elektrischen Anregung am Eingang unerwünschte Störsignale erzeugen kann, auf die Cantilever-Spitze bzw. Sondenspitze 85 außer Kraft gesetzt. Der erste Schalter 68 wird jetzt geschlossen und somit eine Signalquelle mit der Cantilever-Spitze bzw. Sondenspitze 85 verbunden. In diesem Betriebsmodus ist ein mit Bezugszeichen 310 gekennzeichneteter elektrischer Pfad ausgebildet.

[00126] 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.

Patentansprüche

1. Schaltkreisanordnung (50) zum Betreiben einer Messsonde (12) eines Rastersondenmikroskops (81), wobei die Schaltkreisanordnung (50) aufweist:
 - einen Steuereingang (60), an dem ein Steuersignal zum Zuführen zu der Messsonde (12) bereitstellbar ist;
 - eine elektronische Schaltung aufweisende Konditioniereinrichtung (62) zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi; und
 - eine elektronische und/oder softwarebasierte Schaltkreiskomponente aufweisende Auswahleinrichtung (64) zum Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, gemäß dem die Messsonde (12) aktuell betrieben wird,wobei die Konditioniereinrichtung mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist:
 - die Konditioniereinrichtung (62) ist zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß mindestens einem mechanischen Betriebsmodus und gemäß mindestens einem elektrischen Betriebsmodus ausgebildet;
 - die Konditioniereinrichtung (62) ist zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß mehreren unterschiedlichen mechanischen Betriebsmodi ausgebildet;
 - die Konditioniereinrichtung (62) ist zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß mehreren unterschiedlichen elektrischen Betriebsmodi ausgebildet.
2. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 1, wobei die Konditioniereinrichtung (62) zum Konditionieren der Messsonde (12) zum Betrieb gemäß mindestens einem mechanischen Betriebsmodus ausgebildet ist, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus einem Contact Modus, einem Tapping Modus, einem Force Curve Modus, einem Contact Resonance Amplitude Microscopy Modus, einem Magnetic Force Modus, einem Pulsed Force Modus, einem Lateral Force Modus und einem Force Modulation Modus.
3. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Konditioniereinrichtung (62) zum Konditionieren der Messsonde (12) zum Betrieb gemäß mindestens einem elektrischen Betriebsmodus ausgebildet ist, der aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, einem Electrostatic Force Microscopy Modus, und einem Kelvin Probe Force Microscopy Modus.
4. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale:
 - wobei die Schaltkreisanordnung (50) ausgebildet ist, in einem mechanischen Betriebsmodus eine elektrische Potenzialdifferenz zwischen einer Sondenspitze (85) der Messsonde (12) und einem Probekörper (86) auf Null zu halten;
 - wobei die Schaltkreisanordnung (50) ausgebildet ist, in einem elektrischen Betriebsmodus eine vorgebbare elektrische Potenzialdifferenz, insbesondere eine von Null verschiedene zeitlich konstante Potenzialdifferenz und/oder eine zeitlich variierende Potenzialdifferenz, zwischen einer Sondenspitze (85) der Messsonde (12) und einem Probekörper (86) einzustellen.
5. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Auswahleinrichtung (64) mindestens einen Schalter (68, 69) aufweist, insbesondere mindestens einen Halbleiterschalter, weiter insbesondere mindestens einen Halbleitertransistorschalter.
6. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Auswahleinrichtung (64) mindestens einen ersten Schalter (68) aufweist, der zum Auswählen des aktuell ausgewählten Betriebsmodus schaltbar ist, insbesondere selektiv zwei Eingänge eines Transimpedanzverstärkers (72) der Konditioniereinrichtung (62) miteinander koppelt oder voneinander entkoppelt.

7. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Auswahleinrichtung (64) mindestens einen zweiten Schalter (69) aufweist, der zum Einstellen einer Verstärkung in einem aktuell ausgewählten Betriebsmodus schaltbar ist.
8. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Konditioniereinrichtung (62) einen Transimpedanzverstärker (72) mit mindestens einem Rückkoppelpfad (74), insbesondere mit mehreren Rückkoppelpfaden (74), weiter insbesondere mit drei Rückkoppelpfaden (74), aufweist.
9. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Ansprüchen 7 und 8, wobei der mindestens eine zweite Schalter (69) schaltbar ist, um zum Einstellen einer Verstärkung selektiv einen jeweiligen des mindestens einen Rückkoppelpfads (74) zu aktivieren oder zu deaktivieren.
10. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei ein erster Eingang des Transimpedanzverstärkers (72) mit dem Steuereingang (60) gekoppelt ist.
11. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei ein zweiter Eingang des Transimpedanzverstärkers (72) mit einem Sondeneingang (66) der Schaltkreisanordnung (50) gekoppelt ist, welcher Sondeneingang (66) mit der Messsonde (12) koppelbar ist.
12. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei die Auswahleinrichtung (64) ausgebildet ist, zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi den Transimpedanzverstärker (72) zumindest weitestgehend zu deaktivieren.
13. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Konditioniereinrichtung (62) einen Operationsverstärker (76) mit einem ersten Eingang, der mit dem Steuereingang (60) gekoppelt ist, und mit einem zweiten Eingang, der mit einem Ausgang des Operationsverstärkers (76) gekoppelt ist, aufweist.
14. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 13, wobei ein Signal am Ausgang des Operationsverstärkers (76) mit einer mit der Messsonde (12) koppelbaren oder gekoppelten Koaxialleitung (71) koppelbar ist.
15. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, aufweisend einen Sondeneingang (66), an dem zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi ein Ausgangssignal der Messsonde (12) als Reaktion auf das angelegte Steuersignal gemäß dem ausgewählten Betriebsmodus bereitstellbar ist.
16. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 15, wobei bei einem rasternden Abtasten einer Oberfläche des Probekörpers (86) mittels der Messsonde (12) das an dem Sondeneingang (66) zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi bereitgestellte Ausgangssignal Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers (86) enthält.
17. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 15 oder 16, wobei der besagte zumindest eine Betriebsmodus ein Conductive Atomic Force Microscopy Modus ist.
18. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei an dem Sondeneingang (66) zumindest in einem anderen der unterschiedlichen Betriebsmodi mittels der Schaltkreisanordnung (50) ein Vorgabesignal für die Messsonde (12) bereitstellbar ist.
19. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, aufweisend einen frequenzabhängigen Widerstand (78) an einem mit der Messsonde (12) koppelbaren Sondeneingang (66) der Schaltkreisanordnung (50).
20. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, aufweisend einen an dem Steuereingang (60) angeschlossenen Tiefpass (40).
21. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, aufweisend einen an einem Signalausgang (70) der Schaltkreisanordnung (50) angeschlossenen Tiefpass (42).
22. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 21, aufweisend eines der folgenden Merkmale:
ausgebildet als Platine, die mittels Oberflächenmontage mit diskreten elektronischen

- Bauelementen bestückt ist;
ausgebildet als Platine, die mittels Durchsteckmontage mit bedrahteten diskreten elektronischen Bauelementen bestückt ist;
ausgebildet als monolithisch integrierter Schaltkreis, insbesondere als ein einziger monolithisch integrierter Schaltkreis.
23. Schaltkreisanordnung (50) gemäß Anspruch 22, wobei die Platine mit einer Fläche von höchstens 500 mm² ausgebildet ist.
24. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23, wobei die Konditioniereinrichtung (62) ausgebildet ist, für zumindest einen der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, insbesondere in einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, eine Mehrzahl von unterschiedlichen Verstärkungen, insbesondere mindestens drei unterschiedliche Verstärkungen, zu unterstützen.
25. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die Auswahleinrichtung (64) ausgebildet ist, zwischen einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus einerseits und einem Electrostatic Force Microscopy oder Kelvin Probe Force Microscopy Modus andererseits umzuschalten.
26. Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 25, wobei die Auswahleinrichtung (64) ausgebildet ist, einen Conductive Atomic Force Microscopy Modus auszuwählen.
27. Rastersondenmikroskop (81) zum Ermitteln von Oberflächeninformation hinsichtlich eines Probekörpers (86) mittels rasternden Abtastens einer Oberfläche des Probekörpers (86), wobei das Rastersondenmikroskop (81) aufweist:
eine Messsonde (12), die zum rasternden Abtasten der Oberfläche des Probekörpers (86) eingerichtet ist und einen Sondenkörper (51) und eine mittels eines Auslegers (52) mit dem Sondenkörper (51) gekoppelte Sondenspitze (85) aufweist; und
eine Schaltkreisanordnung (50) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26 zum Betreiben der Messsonde (12).
28. Rastersondenmikroskop (81) gemäß Anspruch 27, wobei eine einzige Messsonde (12) und eine einzige Schaltkreisanordnung (50) ausgebildet sind, alle Betriebsmodi, insbesondere alternativ, zu unterstützen.
29. Rastersondenmikroskop (81) gemäß Anspruch 27 oder 28, aufweisend einen Koaxialleiter (71) zwischen der Messsonde (12) und der Schaltkreisanordnung (50).
30. Rastersondenmikroskop (81) gemäß Anspruch 29, wobei ein Außenleiter (72) des Koaxialleiters (71) mit dem Steuereingang (60) gekoppelt ist und/oder ein Innenleiter (73) des Koaxialleiters (71) mit einem Signalausgang (70) der Schaltkreisanordnung (50) gekoppelt ist.
31. Rastersondenmikroskop (81) gemäß einem der Ansprüche 27 bis 30, ausgebildet als Rasterkraftmikroskop.
32. Verfahren zum schaltungstechnischen Betreiben einer Messsonde (12) eines Rastersondenmikroskops (81), wobei das Verfahren aufweist:
Bereitstellen eines Steuersignals an einem Steuereingang (60) einer Schaltkreisanordnung (50) zum Zuführen zu der Messsonde (12), wobei die Schaltkreisanordnung (50) eine elektronische Schaltung aufweisende Konditioniereinrichtung (62) zum Konditionieren der Messsonde (12) und/oder der Schaltkreisanordnung (50) zum Betrieb gemäß einer Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi aufweist; und
schaltungstechnisches Auswählen eines aktuell ausgewählten Betriebsmodus der Mehrzahl von unterschiedlichen Betriebsmodi, gemäß dem die Messsonde (12) aktuell betrieben wird.
33. Verfahren gemäß Anspruch 32, ferner aufweisend ein Bereitstellen, in zumindest einem der unterschiedlichen Betriebsmodi, eines Ausgangssignals der Messsonde (12) an einem Sondereingang (66) der Schaltkreisanordnung (50) als Reaktion auf das angelegte Steuersignal gemäß dem ausgewählten Betriebsmodus.

34. Verfahren gemäß Anspruch 33, wobei das Verfahren ein rasterndes Abtasten einer Oberfläche eines Probekörpers (86) mittels der Messsonde (12) aufweist, wodurch das an dem Sondereingang (66) zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi, insbesondere in einem Conductive Atomic Force Microscopy Modus, bereitgestellte Ausgangssignal Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers (86) enthält.
35. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 32 bis 34, wobei das Verfahren aufweist:
 rasterndes Abtasten einer Oberfläche eines Probekörpers (86) mittels der Messsonde (12);
 Erfassen, insbesondere optisches Erfassen, einer Auslenkung einer Sondenspitze (85) der Messsonde (12), wodurch zumindest in einem der unterschiedlichen Betriebsmodi Oberflächeninformation hinsichtlich des Probekörpers (86) erhalten wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

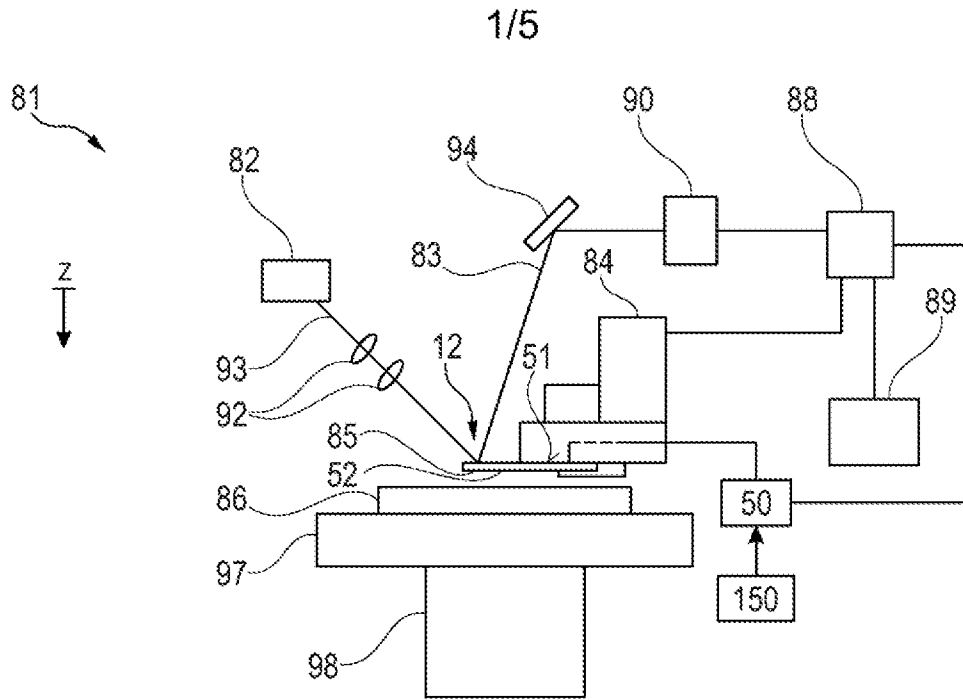


Fig. 1

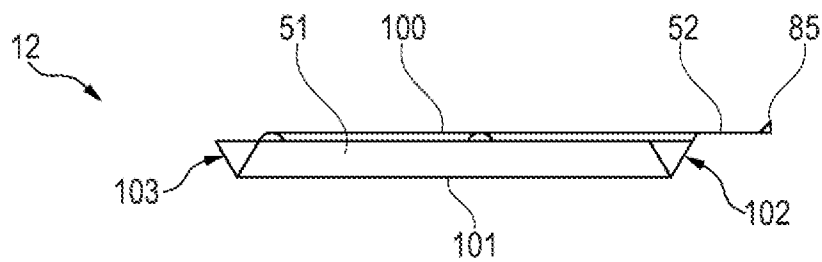


Fig. 2

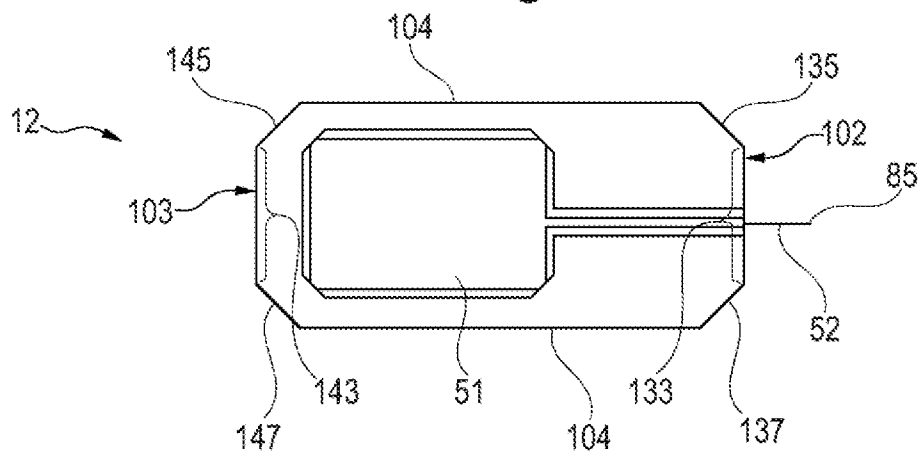


Fig. 3

2/5

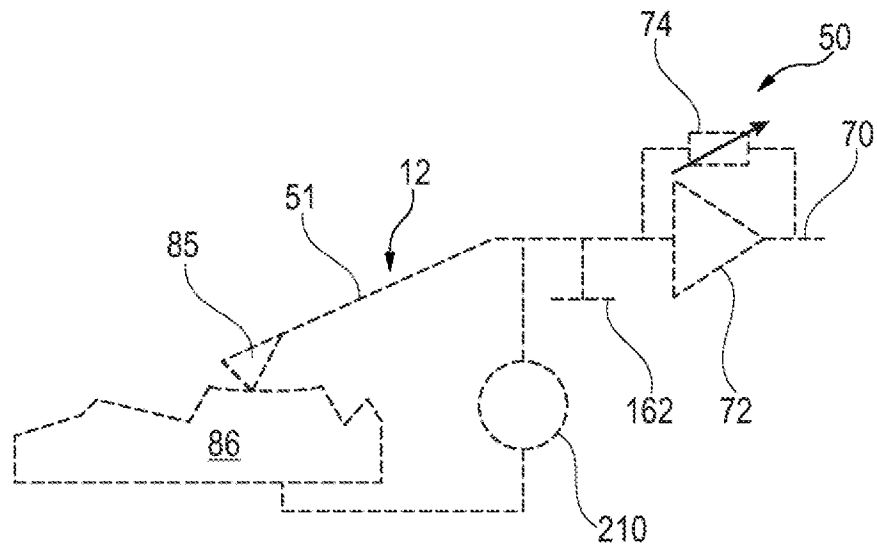


Fig. 4

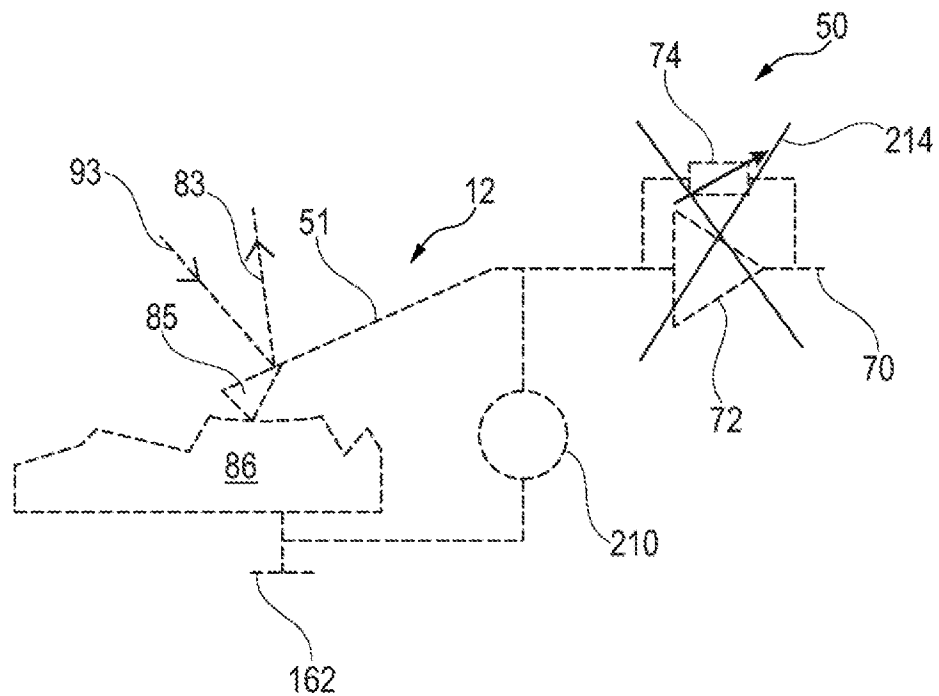
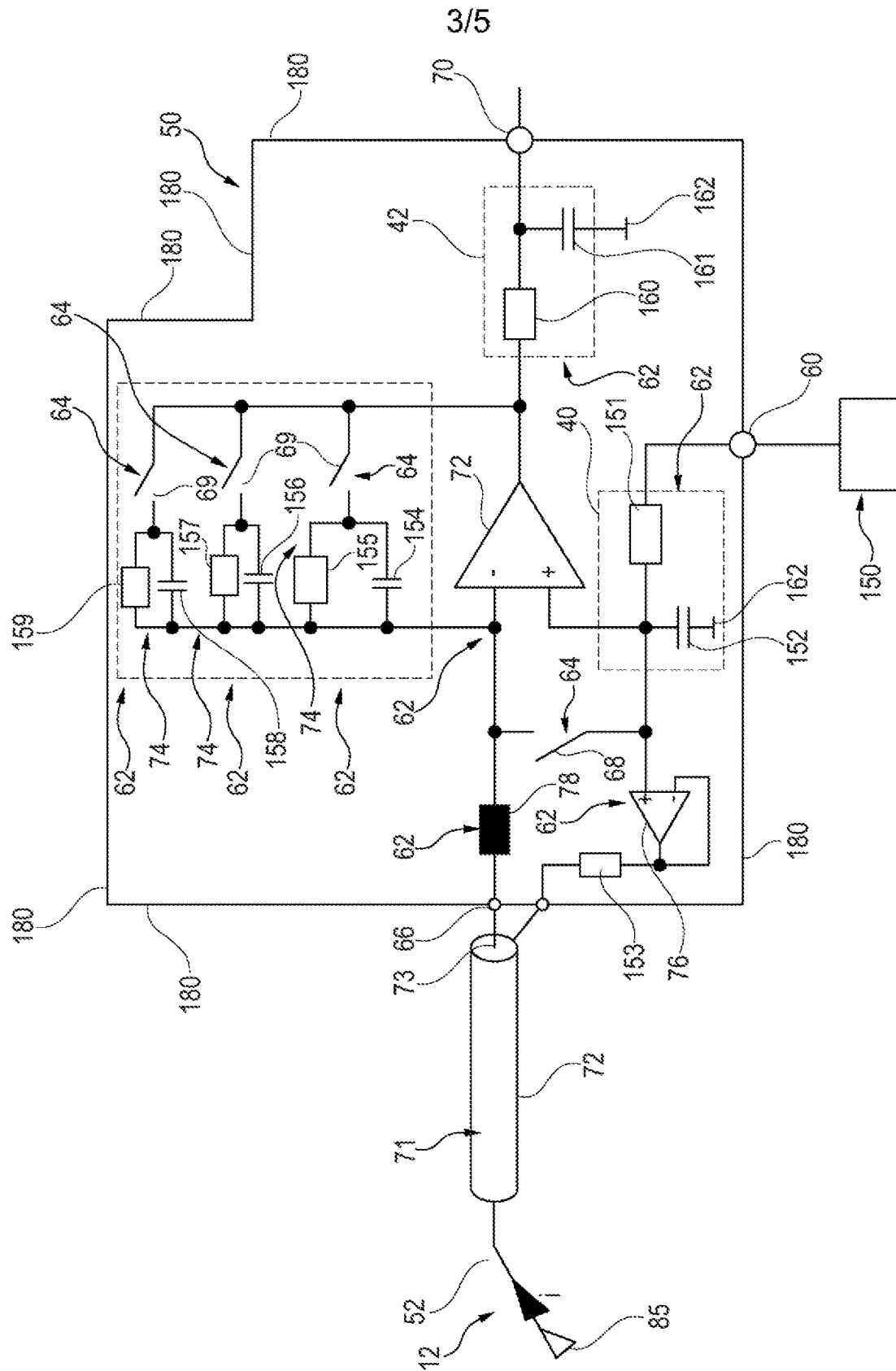


Fig. 5



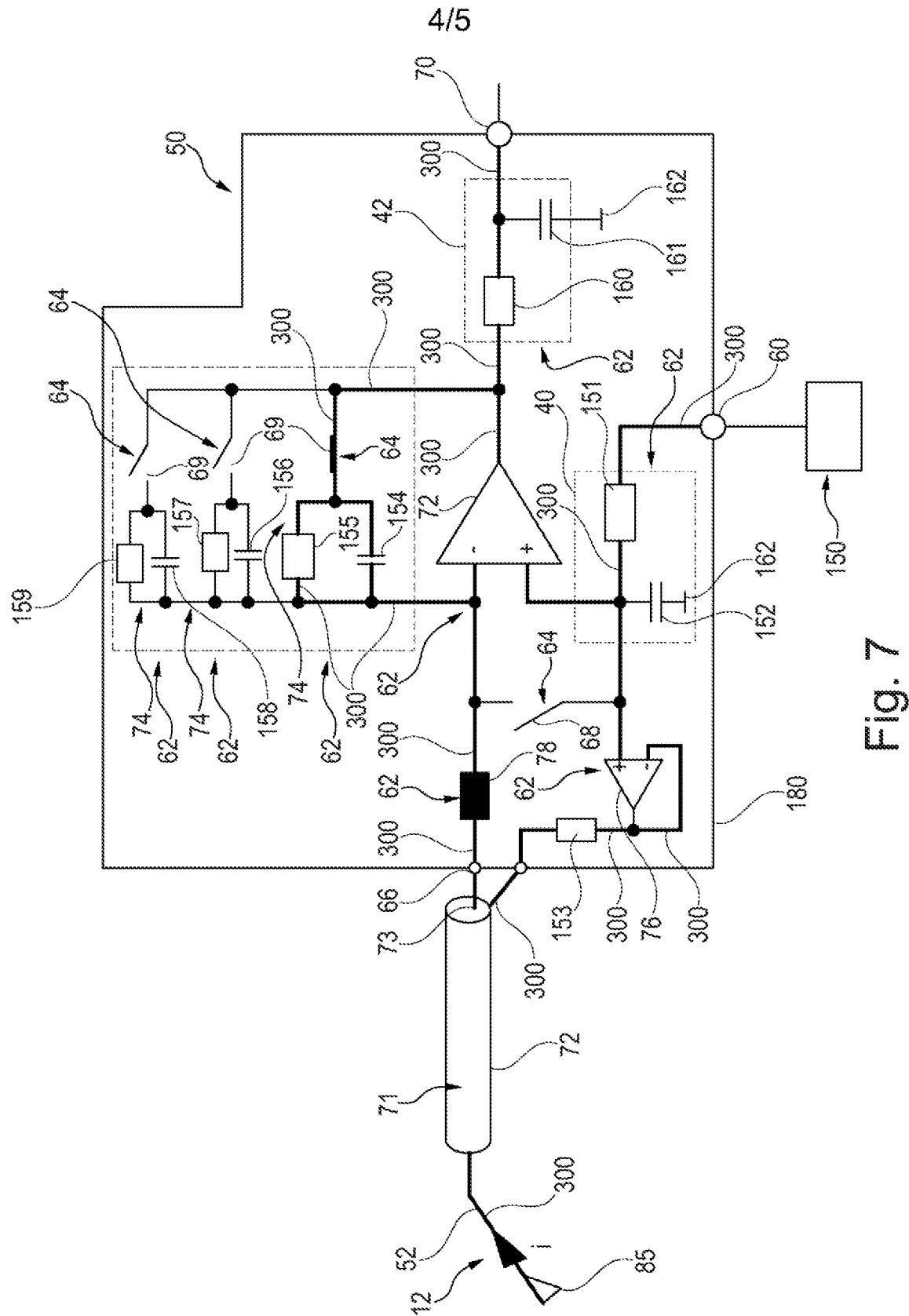
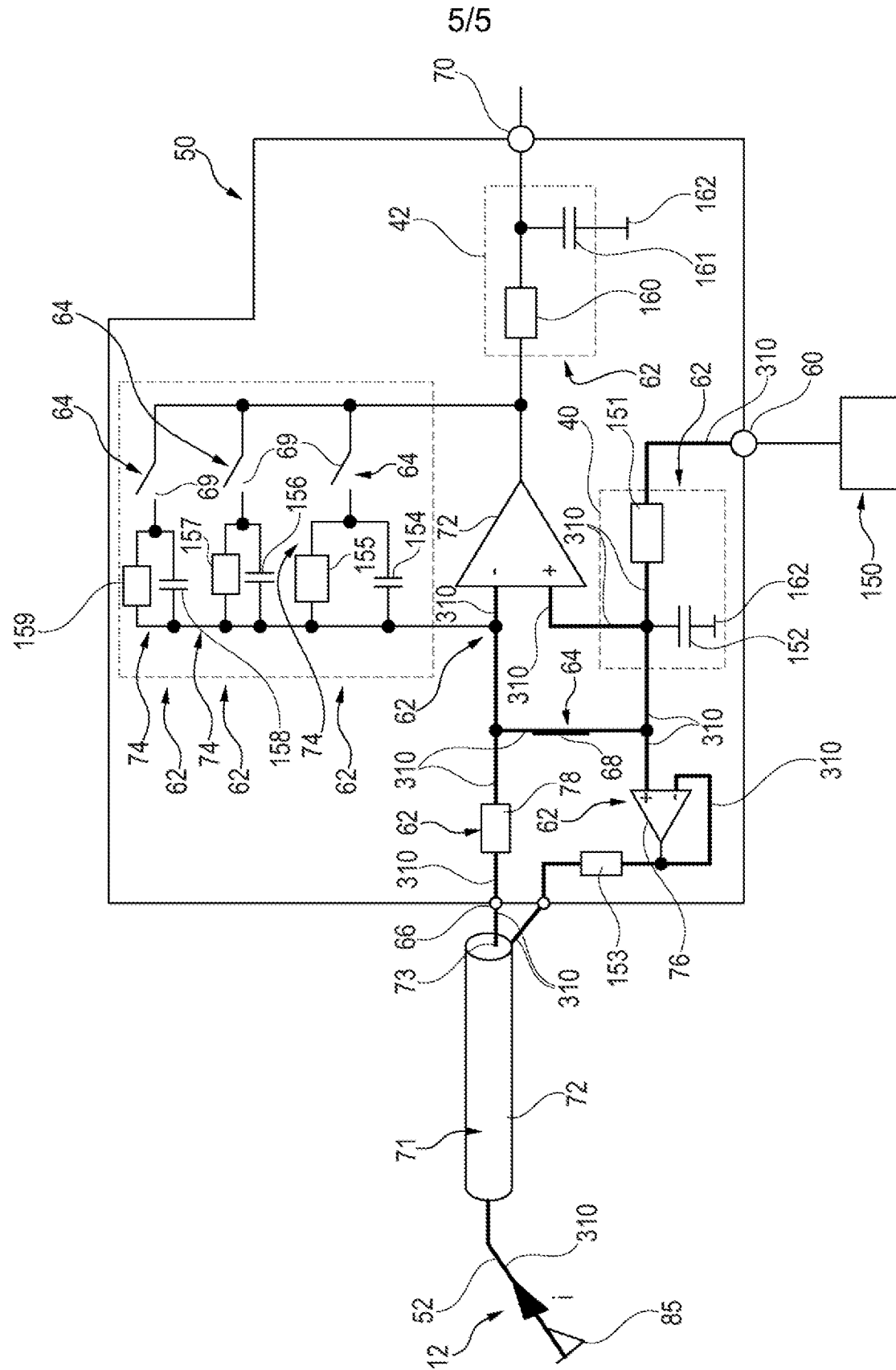


Fig. 7



8
9
10
11
12