

(19)



(11)

EP 2 895 268 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.03.2017 Patentblatt 2017/13

(51) Int Cl.:
B01L 3/00 ^(2006.01) **B01L 7/00** ^(2006.01)
H05B 3/26 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13783510.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/071952

(22) Anmeldetag: **21.10.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/064040 (01.05.2014 Gazette 2014/18)

(54) **SYSTEM ZUR DURCHFÜHRUNG EINER BERÜHRUNGSLOSEN MESSUNG AN EINER PROBE UND PROBENTRÄGER**

SYSTEM ZUR DURCHFÜHRUNG EINER BERÜHRUNGSLOSEN MESSUNG AN EINER PROBE UND PROBENTRÄGER

SYSTÈME DE RÉALISATION D'UNE MESURE SANS CONTACT SUR UN ÉCHANTILLON ET PORTE-ÉCHANTILLON

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **26.10.2012 DE 102012219656**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.07.2015 Patentblatt 2015/30

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
• **OHLANDER, Anna**
80339 München (DE)
• **KLINK, Gerhard**
82256 Fürstenfeldbruck (DE)
• **BOCK, Karlheinz**
82239 Alling (DE)

• **RUSSOM, Arman**
S-114 21 Stockholm (SE)

(74) Vertreter: **Schenk, Markus et al**
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler
Zinkler, Schenk & Partner mbB
Patentanwälte
Radtkoferstrasse 2
81373 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-2009/019658 US-A1- 2009 211 336
US-A1- 2011 056 926

• **DOMENICO CAPUTO ET AL: "Monitoring of Temperature Distribution in a Thin Film Heater by an Array of a-Si:H Temperature Sensors", IEEE SENSORS JOURNAL, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 12, Nr. 5, 1. Mai 2012 (2012-05-01), Seiten 1209-1213, XP011441122, ISSN: 1530-437X, DOI: 10.1109/JSEN.2011.2167506**

EP 2 895 268 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf berührungslosen Messungen an Proben bzw. Probenmaterialien, wie z.B. biologischen und/oder chemischen Proben, Systeme für solche Messungen sowie Proben-träger, die für solche Systeme geeignet sind.

[0002] Es wird davon ausgegangen, dass μ TAS (Micro Total Analysis Systems = Mikrogesamtanalysensysteme) oder Lab-on-Chips in Bereichen, wie z.B. globaler Gesundheits- und Medizinforschung, eine wichtige Rolle spielen werden. Sie reduzieren Kosten und Zeit für Tests und Analysen. Die Beschränkung, dass dieselben Einwegartikel sind, die Materialauswahl, der Entwurf und die Herstellung sind alles Aspekte, die berücksichtigt werden müssen, um die Chipkosten niedrig zu halten und somit ein Bauelement mit Marktfähigkeit zu produzieren. Zahlreiche biologische und chemische Untersuchungen sind temperaturabhängig, wie z.B. PCR (Polymerase Chain Reaction = Polymerase-Kettenreaktion) und MCA (Melting Curve Analysis = Schmelzkurvenanalyse). Wenn eine solche Untersuchung auf Mikrogröße herunterskaliert wird, werden eine präzise Temperaturregelung und eine thermische Homogenität integrierter miniaturisierter Erwärmungs- und Erfassungselemente in mikrofluidischen Merkmalen zu kritischen Faktoren für ein funktionsfähiges Bauelement.

[0003] Mikroerwärmungsvorrichtungen sind allgegenwärtig in verschiedenen MEMS- und mikrofluidischen Bauelementen. Letztere stellen verschiedene Funktionen in physikalischen oder chemischen Sensoren (S-C Roth, Y-M Choi und S-Y Kim Sensors Actuators A, 2006, 128, 1-6, D. Briand, S. Colin und A. Gangadharaiiah, Sensors Actuators A, 2006, 132, 317-24), chemischen Reaktoren (T. Becker, S. Muhlberger und W. Benecke, J. Microelectromech. Syst. 200, 9, 478-84, A. Splinter, J. Sturmann und O. Bartels, Sensors Actuators B, 2002, 83, 169-74) oder Pumpen (Z. Yin und A. Prosperetti, J. Microelectromech. Syst. 2005, 1683-91) usw. bereit. Ein typisches Layout einer Mikroerwärmungsvorrichtung ist eine dünne metallische oder dotierte Si-Schicht, die in einer Serpentinform auf einem dielektrischen Substrat strukturiert ist. Eine Temperatur-Messung kann durch Integration einer zweiten Leiterbahn oder durch eine Vierpunktmessung ermöglicht werden. Unterschiedliche Anwendungen haben unterschiedliche Beschränkungen, aber allgemein ist eine thermische Homogenität über die erwärmte Oberfläche hinweg wichtig für genaue Messungen und Steuerungen. Das aber ist aufgrund physikalischer Tatsachen nicht ohne weiteres zu erreichen. Materialauswahl und Erwärmungsvorrichtungsentwurf sind Faktoren, die modifiziert werden können, um die Wärmeverteilung in dem erwärmten Bereich zu beeinflussen (W.-J. Hwang, K-S. Shin, und J-H Roh. Sensors, 2011, 11, 2580-2591, D. Caputo, G. de Cesare und M. Nardini, IEEE SENSORS JOURNAL, 2012, 12(5), 1209-13, http://www.allflexheaters.com/Profiled_Heaters.cfm).

[0004] Für biologische Anwendungen ermöglicht eine optische Transparenz des Substrats eine Online-Überwachung und -Beobachtung der Probe. Transparente Erwärmungselemente für Lab-on-Chip-Anwendungen wurden hergestellt durch Strukturieren von ITO (Indium-Tin-Oxide = Indiumzinnoxid) auf Glas (K. Sun, A. Yamaguchi und Y. Ishida, Sensors und Actuators B, 2002, 84, 283-289, J.-Y. Cheng, M.-H. Yen und C.-T. Kuo, Biomicrofluidics, 2008, 2, 024105-(1-12), J.-L. Lin, M.-H. Wu und C.-Y. Kuo, Biomed Microdevices, 2010, 12, 389-398, S. Kumar Jha, R. Chand und D. Han, Lab Chip, 2012, doi:10.1039/C2LC40727B). Aufgrund seines geringen Vorkommens in der Erdkruste ist ITO jedoch relativ teuer und folglich ungeeignet für kostengünstige Diagnosen.

[0005] Transparente Elektroden sind auch bei einem großen Bereich von optoelektronischen Bauelementen, wie z.B. organische LEDs, Fotovoltaikzellen und Flüssigkristallanzeigen, wesentliche Elemente, die zur Spannungserzeugung für die optoelektronische bzw. elektrooptische Wandlung dienen. In diesen Bereichen wurden Metallgitter als halbtransparente Elektrodenmaterialien verwendet, um auf der Suche nach einem günstigeren Elektrodenmaterial das üblicherweise verwendete ITO zu ersetzen (M.-G. Kang und L. J. Guo, Advanced Materials, 2007, 19(10), 1391-1396, M.-G. Kang, M-S. Kim und J. Kim, Advanced Materials, Adv. Mater. 2008, 20, 4408-4413) oder um den Widerstand zu verringern und elektrische Homogenität des Materials zu verbessern (S. Choi, W. J. Potscavage, Jr. und B. Kippelen, JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, 2009, 106, 054507). Die Firma PolyIC hat eine Patentanmeldung für transparente leitfähige Oberflächen inne, die aus Metallnetzen hergestellt sind, für Anwendungen in der Fotovoltaik, bei Anzeigen und LED-Bereichen (WO 2010/108692 A2). Ferner wurden Metallnetze seit Jahrzehnten (J. Zhang, P. A. R. Ade und P. Mauskopf, Appl. Opt. 2011, 50(21), 3750-7; P. A. R. Ade, G. Pisano und C. Tucker, Proc. of SPIE Vol. 6275 62750U-1) in FIR und Submillimeterastronomieinstrumenten verwendet.

[0006] Wie im Vorhergehenden erwähnt, gibt es bereits Proben-träger, bei denen eine Heizbahn mäanderförmig auf einem Substrat gebildet ist. Das Problem bei diesen Proben-trägern besteht allerdings darin, dass eine Unterbrechung der Leiterbahn für die Erwärmungsvorrichtung unweigerlich zur Folge hätte, dass letztere ihre Funktion verliert. Dies erhöht den Herstellungsaufwand, denn entweder müssen bei der Herstellung Abmessungen, Materialauftrag usw. mit mehr Sicherheitsabständen zu ansonsten möglichen Grenzwerten eingestellt werden, oder die Produktion muss aufwendig überwacht werden, was wiederum dem Ziel nach möglichst geringen Herstellungskosten entgegensteht. Ein weiterer Nachteil einer mäanderförmigen Führung der Heizbahn über das Substrat des Proben-trägers hinweg besteht in der inhärent auftretenden Flächendichteerhöhung an denjenigen Rändern des Substrates, an denen die Mäanderform ihre Schleifenumkehrpunkte aufweist.

[0007] Die US 2011/0056926 A1 schlägt zur Durchführung von PCR-Untersuchungen eine mikrofluidische Vorrichtung vor, die Heizelemente in Form von Dünnschichtwiderständen aufweist, die sich bahnenförmig jeweils entlang eines mikrofluidischen Kanals der mikrofluidischen Vorrichtung erstrecken, um einzeln ansteuerbar zu sein.

[0008] Die XP 11441122 offenbart zur Durchführung von PCR-Analysen als Heizvorrichtung einen Mikroskopglasprobenträger mit einem Widerstandsdünnschicht, der in Form einer Serpentine gebildet ist, die sich zwischen zwei Elektroden erstreckt.

[0009] Die WO 2009/019658 A2 offenbart eine integrierte Mikrofluidikvorrichtung mit mehreren PCR-Kammern, die einzeln befüllbar und über einen Serpentinleiter beheizbar sind.

[0010] Die US 2009/0211336 beschäftigt sich mit sogenannten "preconcentrators", die dazu da sind, einen interessierenden Analyten reversibel einzufangen, um denselben daraufhin in einer sogenannten "Desorptionsphase" wieder an einen Detektor abzugeben. Deshalb ist das Heizelement der US 2009/0211336 als offenes Gitter ausgeführt, um es einem fluidischen Medium mit dem interessierenden Analyten zu ermöglichen, durch das Heizelement zu strömen, um in der Einfangphase von dem Heizelement eingefangen zu werden.

[0011] Die EP2314552 A1 offenbart ein Heizelement mit einer transparenten Substanz, einer leitfähigen Heizleitung, Sammelschienen und einem Leistungsabschnitt, wobei 30% oder mehr der gesamten Fläche der transparenten Substanz eine leitfähige Heizleitungsstruktur aufweist, bei der, wenn die gerade Linie, die die leitfähige Heizleitung schneidet, gezogen wird, ein Verhältnis einer Standardabweichung bezüglich eines Mittelwerts von Abständen zwischen benachbarten Schnittpunkten der geraden Linie und der leitfähigen Heizleitung 2% oder mehr beträgt.

[0012] Die EP1972375 A1 offenbart ein mikrofluidisches Bauelement, das ein zweidimensionales Array von Komponenten aufweist zum Verarbeiten eines Fluids und/oder zum Erfassen von Eigenschaften des Fluids. Jede Komponente ist mit zumindest einem Steueranschluss gekoppelt, was es einer aktiven Matrix ermöglicht, den Zustand jeder Komponente individuell zu ändern. Die Komponenten umfassen zumindest ein Heizelement. Die aktive Matrix umfasst ein zweidimensionales Array von elektronischen Komponenten, die in Dünnschichttechnologie auf einem flexiblen Substrat realisiert sind, dies sorgt für eine hohe Anpassungsfähigkeit des Bauelements.

[0013] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein System und ein Verfahren zur Durchführung einer berührungslosen Messung einer Probe sowie einen Probenträger mit verbesserten Charakteristika zu schaffen.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0015] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden

Erfindung wird bei einer Durchführung einer berührungslosen Messung an einer Probe ein Probenträger verwendet, bei dem die Heizbahnen auf dem Substrat eine Parallelschaltung zwischen dem ersten und dem zweiten Heizabschluss bilden, so dass, wenn durch Anlegen einer Spannung zwischen dem ersten und dem zweiten Heizanschluss eine auf dem Probenträger aufgebrachte Probe erwärmt wird, die Erwärmungseigenschaften des Probenträgers auch dann nicht beeinträchtigt werden, wenn einzelne Unterbrechungen der Heizbahnen aufgrund von beispielsweise Prozessschwankungen bei der Herstellung der Heizbahnen vorhanden sind.

[0016] Bilden die Heizbahnen sogar eine zweidimensionale Gitterstruktur, so wirken sich vereinzelte Unterbrechungen und Querschnittverjüngungen der Heizbahnen weniger negativ auf eine Homogenität der Proben Erwärmung über die durch die Heizbahnen abgedeckte Erwärmungsregion des Substrats aus, da deren Auftreten in einzelnen Stegen des zweidimensionalen Gitters durch die Gitterstruktur bzw. benachbarte Stege überbrückt werden. Es ist also möglich, die Herstellungstoleranzen zu Gunsten geringerer Herstellungskosten zu reduzieren. Ferner ist es möglich, die Heizbahnen optisch intransparent auszuführen, und dennoch eine Semitransparenz des Probenträgers bei eventuell vorhandener Transparenz des Substrats beizubehalten, da die Gitterzwischenräume beziehungsweise Maschen des zweidimensionalen Gitters die Transparenz des Substrats in Dickerichtung des Substrats bewahren.

[0017] Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden die Heizbahnen derart angeordnet, dass die Flächendichte der Heizbahnen von einer Flächenmitte des Substrats nach außen hin zunimmt. Auf diese Weise ist es möglich, die ansonsten häufig auftretenden Inhomogenitäten des Erwärmungsprofils über das Substrat hinweg, wonach meistens die Erwärmung am Rand des Substrats hin abnimmt, zu vermeiden.

[0018] Weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche. Beispiele für weitere Aspekte sind in den Abbildungen dargestellt, unter welchen

Fig. 1 eine schematische Zeichnung eines Systems zur Durchführung einer berührungslosen Messung an einer Probe;

Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf einen Probenträger gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 eine schematische Draufsicht auf einen Probenträger gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel mit nach außen hin zunehmender Heizbahndichte;

- Fig. 4a eine schematische Draufsicht auf einen Probenträger mit nicht-geradlinigen Gitterstegen;
- Fig. 4b eine schematische Draufsicht auf einen Probenträger 14 unter vollständiger Darstellung der Substratvorderseite;
- Fig. 4c eine schematische Draufsicht auf einen Probenträger mit nicht-geradliniger Erstreckung des Heizbahngitternetzes;
- Fig. 4d eine schematische Seitenschnittansicht eines Probenträgers bei welchem eine Schutzschicht die Heizbahnen abdeckt;
- Fig. 4e eine schematische Raumsansicht eines Probenträgers bei welchem die mit den Heizbahnen versehene Seite des Substrats zusammen mit einem Deckelement zumindest einen Kanal oder eine Kammer bildet, an den bzw. die der Erwärmungsbereich angrenzt;
- Fig. 5 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zur Durchführung einer berührungslosen Messung an einer Probe;
- Fig. 6a und 6b eine schematische Draufsicht und eine dazugehörige Erwärmungsverteilung eines Probenträgers mit einer mäanderförmig geführten Heizbahn;
- Fig. 7a und 7b eine schematische Draufsicht und eine dazugehörige Erwärmungsverteilung eines Probenträgers mit exemplarisch quadratischen Maschen im Heizbahngitternetz; und
- Fig. 8a und 8b eine schematische Draufsicht und eine dazugehörige Erwärmungsverteilung eines Probenträgers mit engmaschigeren quadratischen Heizbahngitternetzen als Fig. 7a und 7b zeigt.

[0019] Fig. 1 zeigt ein System 10 zur Durchführung einer berührungslosen Messung an einer beispielsweise biologischen und/oder chemischen Probe 12. Bei der Probe kann es sich beispielsweise um eine Flüssigkeit handeln, wie zum Beispiel eine Lösung, eine Suspension oder dergleichen. Beispielsweise enthält die Probe 12 einen bestimmten Analyten. Bei der Probe 12 könnte es sich allerdings auch um einen Feststoff handeln, wie zum Beispiel ein Sediment. Bei dem vorerwähnten Analyten

kann es sich um Atome, Moleküle oder andere Stoffe jeglicher Art handeln, wie zum Beispiel biologische Zellen, DNA, Gen-Antigen-Verbindungen usw. Im folgenden wird ohne Einschränkung und lediglich zu Veranschaulichung davon ausgegangen, dass es sich bei der Probe 12 um eine biologische/chemische Probe handelt.

[0020] Das System umfasst einen Probenträger 14 mit einem Substrat 15, einem ersten und einem zweiten Heizanschluss 16 und 18 sowie Heizbahnen 20. Die Heizbahnen 20 sind auf dem Substrat 15 angeordnet, wie zum Beispiel einer Vorderseite 22 desselben. Auf eben jener Vorderseite 22 können auch die Heizanschlüsse 16 und 18 angeordnet sein, wobei gemäß einer Alternative letztere aber auf einer der Vorderseite 22 abgewandten Rückseite 24 des Substrats 15 angeordnet sind oder auf einer Seitenfläche des Substrats 15.

[0021] Wie es im Folgenden noch näher beschrieben werden wird, bilden die Heizbahnen 20 auf dem Substrat eine Parallelschaltung zwischen den Heizanschlüssen 16 und 18, so dass die biologische/chemische Probe nach Aufbringen derselben auf den Probenträger 14 durch Anlegen einer Spannung zwischen den Heizanschlüssen 16 und 18 erwärmbar ist.

[0022] Das System 10 umfasst ferner eine Messanordnung 26 zur Durchführung einer berührungslosen Messung an der biologischen/chemischen Probe 12. In Fig. 1 ist sie als eine optische Messanordnung mit einer Lichtquelle 28 und einer Optik 30 zur Durchführung einer transmissiven optischen Messung angedeutet, nämlich zur optischen Beobachtung durch einen Benutzer des Systems, aber hierzu existieren eine Vielzahl von Alternativen, wie zum Beispiel andere optische Messungen, wie zum Beispiel reflektive Messungen, interferometrische Messungen, oder nicht-optische Messungen.

[0023] Es wird darauf hingewiesen, dass, obwohl in Fig. 1 die Probe 12 so dargestellt wurde, als ob sie auf der Vorderseite 22 beziehungsweise auf den Heizbahnen 20 aufgebracht sei, die Aufbringung zur Durchführung der berührungslosen Messung auch auf der Rückseite 16 erfolgen könnte. In jedem Fall erfolgt die Aufbringung so, dass in einer Projektion entlang einer Dickerichtung des Substrats 15 die Probe 12 und der durch die Heizbahnen 20 lateral abgedeckte Erwärmungsbereich 32 überlappen.

[0024] Fig. 2 zeigt exemplarisch eine Draufsicht auf die Vorderseite 22 des Substrats 15, um eine mögliche Ausführungsform der Heizbahnen 20 und deren Führung auf der Vorderseite 22 zu zeigen. Zu sehen sind in Figur 2 die Heizanschlüsse 16 und 18 und die dazwischen befindlichen Heizbahnen 20. Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 bilden die Heizbahnen 20 eine zweidimensionale Gitterstruktur aus Leiterbahngitterstegabschnitten 34, die sich in Gitterknotenpunkten treffen, und Gitterzwischenräumen beziehungsweise Maschen 36, die von nicht weiter verkleinerbaren Schleifen aus Stegen 34 umschlossen sind, und in welchen das Gitter aus Heizbahnen 20 das Substrat 15 freilegen lässt. In dem Fall von Fig. 2 sind die Gitterzwischenräume 36 exemp-

larisch quadratisch gebildet, sie könnten allerdings gemäß alternativen Ausführungsformen auch andere Formen aufweisen, wie zum Beispiel rechteckige, kreisförmige, sechseckige oder ähnliche Formen besitzen. Die Stege 34 können je nachdem, welche Maschenform vorliegt, zwischen den jeweiligen Gitterknoten 40, die sie verbinden, einen entlang ihrer Länge konstanten Querschnitt besitzen oder einen variablen, vor allem einen in einer Richtung quer zu ihrer Länge variierenden Querschnitt bei beispielsweise aber konstanter Dicke. Die Anzahl der sich in den Gitterknoten 40 treffenden Gitterstege 34 kann sich unter den Knoten 36 unterscheiden, je nachdem beispielsweise, ob sich der Knoten am Rand des Gitters befindet oder nicht. Die Formen der Maschen 36 können zueinander deckungsgleich sein, müssen dies aber nicht. Sie müssen auch keine ähnliche Form aufweisen, wie dies bei einem nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiel noch der Fall ist.

[0025] Dadurch, dass die Heizbahnen 20 gemäß Fig. 2 eine zweidimensionale Gitterstruktur bilden, können eventuell auftretende Unterbrechungen der Heizbahnen 20, wie sie exemplarisch in Fig. 2 bei 38 in einem Steg des Gitters dargestellt sind, oder Querschnittverjüngungen der Heizbahnen 20 in Stegen des Gitters überbrückt werden, so dass keine negativen Auswirkungen auf die Erwärmungshomogenität über dem Erwärmungsbereich 32 hinweg auftreten beziehungsweise selbige gelindert werden.

[0026] Während in Fig. 2 ein Probenträger gezeigt ist, bei dem die Heizbahnen 20 eine zweidimensionale Gitterstruktur bilden, die wiederum ein regelmäßiges Gitter bildet, bei dem eine Flächendichte der Heizbahnen 20 über die Fläche 22 des Substrats hinweg in dem Bereich 32 konstant ist, muss diese lateral konstante Flächendichte nicht unbedingt sein. Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die zweidimensionale Gitterstruktur ein unregelmäßiges Gitter bildet, bei dem eine Flächendichte der Heizbahnen 20 von einer lateralen Mitte des unregelmäßigen Gitters nach außen hin zunimmt, d.h. die Maschen 36 vom Inneren des Gitters nach außen hin kleiner werden. Auch hier gilt, dass die Maschen nicht unbedingt zueinander ähnliche Formen aufweisen müssen. Vielmehr können sich die Formen der Maschen auch voneinander unterscheiden.

[0027] In den nachfolgend kurz beschriebenen Figuren sind verschiedene weitere Varianten exemplarisch dargestellt. Fig. 4a zeigt beispielsweise, dass die die Maschen 36 umgebenden Stege 32 des aus den Heizbahnen 20 gebildeten Gitters nicht notwendigerweise geradlinig zwischen den Gitterknotenpunkten 40 verlaufen müssen, sondern auch lateral gekrümmt sein können. Fig. 4b zeigt, dass die Heizanschlüsse 16 und 18 durch Elektroden gebildet sein könnten, die in gegenüberliegenden Randbereichen 42 und 44 des beispielsweise rechteckigen beziehungsweise quaderförmigen Substrats 15 auf der rechteckigen Vorderseite 22 angeordnet sind. In anderen Worten ausgedrückt, befindet sich in dem Fall von Fig. 4b der Erwärmungsbereich 32 lateral

zwischen den Heizanschlüssen 16 und 18. Er kann, wie es in Fig. 4b veranschaulicht ist, länglich sein, um sich entlang seiner Länge zwischen den Heizanschlüssen 16 und 18 zu erstrecken, so dass sich letztere an den beiden Enden des Bereiches 32 befinden. Fig. 4c zeigt hierzu eine Alternative, wonach der Erwärmungsbereich 32 zwar länglich ist, aber entlang seiner Länge gebogen, um sich nichtgeradlinig wie eine Bahn über die Vorderseite 22 zu erstrecken, wobei sich über die Bahnbreite und die Bahnlänge des Bereichs 32 hinweg das durch die Heizbahnen 20 gebildete Gitter von einem Heizanschluss 16 zu dem anderen Heizanschluss 18 erstreckt. In Fig. 4c sind auf diese Weise exemplarisch der Hauptanschluss 16 und der Hauptanschluss 18 in der Nähe der gleichen kürzeren Kante der hier exemplarisch rechteckigen Vorderseite 22 lokalisiert.

[0028] Fig. 4d zeigt schließlich lediglich noch ein alternatives Beispiel eines Probenträgers zu Fig. 1, wonach eine Schutzschicht 46 die Vorderseite 22 des Substrats 15 sowie die darauf angeordneten Heizbahnen 20 und, wie hier exemplarisch der Fall, die Elektroden 16 und 18 bedeckt. Fig. 4e zeigt noch, dass die Vorderseite 22 des Substrats 15 nicht unbedingt für die Probe komplett freiliegend sein muss. Vielmehr ist es möglich, dass die Vorderseite 22 durch beispielsweise ein Deckelelement 90 bedeckt ist, derart, dass zwischen Vorderseite 22 des Substrats 15 und Deckelelement 90 ein Kanal oder eine Kammer 92 gebildet wird, der entlang der Vorderseite 22 entlangführt bzw. die an die Vorderseite angrenzt, und zwar so, dass der Erwärmungsbereich 32 an den Kanal bzw. die Kammer 92 angrenzt. Auf diese Weise kann die beispielsweise flüssige Probe durch den Kanal 92 an den Erwärmungsbereich 32 vorbeigeführt werden bzw. durch Einfüllen in die Kammer an den Erwärmungsbereich 32 gebracht werden. Das Deckelelement 90 kann beispielsweise ein Substrat aus ebenfalls transparentem Material sein. Es kann an die Vorderseite 22 geklebt oder anderweitig befestigt sein. Das Beispiel von Fig. 4e ist natürlich mit dem Beispiel von 4d kombinierbar, d.h. es kann auch die Schutzschicht 22 zur Bedeckung der Heizbahnen 20 vorgesehen sein, wobei die Schutzschicht beispielsweise ein inertes Material sein kann. Das Material der Schutzschicht 22 kann beispielsweise ein aushärtbares Material, wie zum Beispiel Polymer, sein.

[0029] Bei dem Substrat 15 von Fig. 1 handelt es sich um ein für das Licht des optischen Messsystems vorzugsweise transparentes Substrat aus einem transparenten Material, wie zum Beispiel Glas oder dergleichen. In dem Fall anderer Messanordnungen, die nicht-optisch arbeiten, könnte die Transparenz natürlich auch fehlen. Das Material der Heizbahnen 20 muss nicht notwendigerweise nach Gesichtspunkten der Transparenz ausgewählt werden. Es muss also nicht unbedingt aus ITO bestehen. Das Material für die Heizbahnen 20 kann Metall oder ein geeignetes Halbleitermaterial sein. Die Aufbringung kann mikrolithographisch erfolgen oder aber auf andere Weise. Das Substrat 15 kann starr oder flexibel sein. Wie es in Fig. 2 noch exemplarisch dargestellt

ist, kann zur Durchführung einer Vierpunktmessung der Proben­träger zusätzlich auch Elektroden 50 und 52 aufweisen, die mit den Elektroden 16 beziehungsweise 18 einstückig gebildet sind. Eine in Fig. 2 gestrichelt versinnbildlichte Aus­leseschaltung 54 könnte über diese beiden Elektroden 50 und 52 einen Sensorwert erfassen, der ein Maß für einen Widerstand der Heizbahnen 20 sein könnte. Die Aus­leseschaltung könnte Teil des Systems von Fig. 1 sein.

[0030] Fig. 5 zeigt exemplarisch den Ablauf eines Verfahrens zur Durchführung einer berührungslosen Mes­sung in einer Probe. Zunächst wird in einem Schritt 56 eine der im Vorhergehenden beschriebenen Proben­träger bereitgestellt. Daraufhin wird in einem Schritt 58 die Probe auf dem Proben­träger aufgebracht. Wie gesagt, kann die Aufbringung auf der Vorderseite 22 oder auf der Rückseite 24 erfolgen, allerdings jeweils lateral mit dem Erwärmungsbereich 32 überlappen. In einem Schritt 60 wird daraufhin die Probe erwärmt, indem eine Spannung zwischen den Elektroden 16 und 18 angelegt und damit ein Strom durch die Heizbahnen 20 zum Fließen ge­bracht wird. In einem Schritt 62 wird dann in dem auf­gewärmten Zustand der Probe die berührungslose Mes­sung an derselben durchgeführt.

[0031] In anderen Worten ausgedrückt, zeigten obige Ausführungen Beispiele für einen Proben­träger, der als Erwärmungselement bei biologischen bzw. chemischen Anwendungen dienen könnte. Als Material für die Heiz­bahnen 20 könnte Metall verwendet werden. In dem Fall der Ausführung in Form eines Netzes bildete dann die Metallnetzstruktur ein Array von regelmäßigen oder all­mählich in der Größe variierenden Öffnungen 36 in der Form von beispielsweise Quadraten oder Rechtecken, wie es im Vorhergehenden gezeigt wurde, oder von Krei­sen oder jeglicher Art von regelmäßigen Polygonen. Die Heizbahnen könnten insbesondere aus einer elektrisch leitenden Dünnschicht gebildet sein, wie zum Bei­spiel durch Strukturierung derselben. Die Dünnschicht könnte auf das beispielsweise transparente, star­re oder flexible Substrat 15 auf unterschiedliche Weise aufgebracht sein. Auch die Strukturierung kann auf un­terschiedliche Art erfolgen.

[0032] Die Anwendungen obiger Ausführungsbeis­piele umfassen Proben in der Biologie oder Chemie. Biolo­gische Anwendungen, wie z.B. Proteomik, Genetik und Zellenproben sowie Bioreaktoren mit dem Bedarf an Er­wärmung und optischer Transparenz können in Betracht gezogen werden. Andere Anwendungen können Hydro­gels und andere Polymersysteme sein, die Temperatur­steuerung benötigen.

[0033] Im Vergleich zu herkömmlichen Einzeldraht­erwärmungstechnologien besitzen obige Ausführungsbe­ispiele, die eine Netzstruktur aus Heizbahnen verwen­den, folgende Vorteile:

Eine Netzstruktur stellt eine höhere Herstellungs­robustheit dar im Vergleich zu einem/einer Mäan­der/Serpentine. Falls eine Unterbrechung eines Lei­

ters in einem Mäander auftreten würde, würde die Erwärmungsvorrichtung beziehungsweise der Pro­ben­träger ihre/seine Funktion verlieren, während ei­ne Netzerwärmungsvorrichtungsstruktur nach wie vor funktionieren würde, da die elektrische Leitung anstatt nur über einen über mehrere Leiter bezie­hungsweise Stege 32 verteilt ist. Außerdem ist die Netzerwärmungsvorrichtung toleranter in Bezug auf die Kompensation von Abweichungen von der Ent­wurfsgeometrie des Leiters. Beispielsweise führen Leiterbeschränkungen aufgrund von Ätzdefekten zu lokalen hohen Widerständen und heißen Punkten in einer Mäanderstruktur. Die Netzstruktur versucht stattdessen die Quelle der Nicht-Einheitlichkeit zu kompensieren, indem sie Strom von den Hochwider­standsbereichen weg leitet.

[0034] Eine Mäandererwärmungsvorrichtung hat ei­nen kreisförmigeren heißen Punkt (hot spot), wenn die­selbe erwärmt ist, während ein Netz einen eher rech­eckigen aufweist, was bedeutet, dass das Netz die Wärme effizienter ausbreitet relativ zu ihrer eigenen Erwär­mungsvorrichtungsoberfläche als eine Mäandererwär­mungsvorrichtung. Folglich kann unter Verwendung ei­nes Netzes eine größere Oberfläche einheitlich erwärmt werden. Vergleiche beispielsweise Fig. 6 und 7. Fig. 6a zeigt eine Mäandererwärmungsvorrichtung mit 15 μm Leitung/Heizbahn und 150 μm Platz auf einem PEN-Fo­liensubstrat und Fig. 6b zeigt ihr entsprechendes Wär­meprofil in einer auf dem Substrat befindlichen thermo­chromischen Flüssigkristallschicht bei 62°C. Die Erwär­mungsvorrichtungsoberfläche ist 1,5 x 3 mm². Fig. 7a zeigt demgegenüber eine Netzerwärmungsvorrichtung beziehungsweise einen Proben­träger mit 15 μm Lei­tung/Heizbahn und 150 μm Platz auf einem PEN-Fo­liensubstrat und Fig. 7b zeigt ihr entsprechendes Wär­meprofil, wie es sich in einer thermochromischen Flüssig­kristallschicht bei 62°C ergibt. Die Erwärmungsvorrich­tungsoberfläche ist 1,5 x 3 mm². Wie es zu sehen ist, verteilt sich die Wärme in dem Fall der Fig. 7b gleichmä­ßiger.

[0035] Die Wärmeverteilung auf der Gesamterwär­mungsvorrichtungsoberfläche kann weiter verbessert werden unter Verwendung des Arrays von Geometrien mit allmählich variierender Größe wie in Fig. 3, wo Wär­meverluste an der Peripherie der Erwärmungsvorrich­tung kompensiert werden kann durch Erhöhen der An­zahl von Erwärmungsleitungen.

[0036] Durch Reduzieren der Netzgröße (dünnere Lei­tungen beziehungsweise Stege 32 und kleinere Öffnun­gen beziehungsweise Maschen 32) kann thermische Ho­mogenität auf der Mikroskala (definiert durch Abmessun­gen, die viel geringer sind als die Substratdicke) erreicht werden (vgl. Fig. 7 und 8). Auf diese Weise kann eine Erwärmungsvorrichtung auf einem Substrat mit geringer thermischer Leitfähigkeit, wie z.B. Glas oder Polymer, in nur einem Metallisierungsschritt hergestellt werden; d.h. keine zusätzliche Wärmeausbreitungsschicht, die die

Herstellungskosten erhöht und die Transparenz begrenzt, ist nötig. Fig. 8a zeigt im Vergleich mit Fig. 7a eine Netzerwärmungsvorrichtung mit 5 µm Leitung und 50 µm Platz auf einem PEN-Foliensubstrat und Fig. 8b zeigt ihr entsprechendes Wärmeprofil, wie es sich in einer thermochromischen Flüssigkristallschicht bei 62°C ergibt. Die Erwärmungsvorrichtungsoberfläche ist 1,5 x 3 mm².

[0037] Falls eine oder mehrere Metallschichten (z.B. aufgedampft oder gesputtert) zur Bildung der Bahnen 20 verwendet wird, ist/sind eine oder mehrere sehr dünne Schichten ausreichend, um die angemessene Widerstandsfähigkeit zu erreichen. Dies ist besonders vorteilhaft für Proben, wo die Erwärmungsvorrichtungstopografie eine weitere Verarbeitung stört, oder, wenn dieselbe in fluidische Strukturen integriert ist, Flusscharakteristika in Kanälen stören könnte, wie z.B. in dem Fall von Fig. 4e.

[0038] Die Heizbahnen müssen nicht aus ITO gebildet sein, was teuer ist. Das fördert folglich eine kostengünstige Herstellung, die für Diagnoseprodukte wesentlich ist.

[0039] Ein Netz hat eine geringere Widerstandsfähigkeit als ein Mäander. Daher muss für eine gegebene Erwärmungsleistung an das Netz weniger Spannung angelegt werden als an eine Mäandererwärmungsvorrichtung. Dies ist ein Vorteil für Systeme mit niedrigen Versorgungsspannungen, insbesondere batteriebetriebene tragbare Vorrichtungen.

[0040] Weitere Alternativen zu obigen Ausführungsbeispielen wären natürlich denkbar.

Patentansprüche

1. Probenträger (14) für eine Probe zur Durchführung einer berührungslosen Messung an der Probe mit folgenden Merkmalen:

einem Substrat (15) in Form eines transparenten PEN-Foliensubstrats;
 einem ersten und einem zweiten Heizanschluss (16, 18) auf einer Vorderseite des Substrats; und Heizbahnen (20), die auf der der Vorderseite des Substrats angeordnet sind und eine Parallelschaltung zwischen dem ersten und dem zweiten Heizanschluss (16, 18) bilden, indem die Heizbahnen (20) eine zweidimensionale Gitterstruktur bilden, die sich zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erstreckt, wobei der erste und der zweite Heizanschluss (16, 18) durch eine erste und eine zweite Elektrode gebildet werden, wobei die erste und die zweite Elektrode in gegenüberliegenden Randbereichen des Substrats (15) angeordnet sind, wobei die erste Elektrode einstückig mit einer dritten Elektrode verbunden ist, die seitlich neben der ersten Elektrode auf dem Substrat (15) angeordnet ist, und die zweite Elektrode einstückig

mit einer vierten Elektrode verbunden ist, die seitlich neben der zweiten Elektrode auf dem Substrat (15) angeordnet ist, so dass eine elektrische Messung zwischen der dritten und vierten Elektrode möglich ist.

2. Probenträger (14) nach Anspruch 1, wobei die Heizbahnen (20) derart angeordnet sind, dass eine Flächendichte der Heizbahnen (20) von einer Flächenmitte des Substrats nach außen hin zunimmt.
3. Probenträger (14) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die zweidimensionale Gitterstruktur eine Anordnung von Gitterzwischenräumen (36), die eine gleiche Form aus einer quadratischen, rechteckigen oder kreisförmigen Form aufweisen.
4. Probenträger (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Heizbahnen (20) aus einer strukturierten elektrisch leitfähigen Dünnschicht auf dem Substrat (15) gebildet sind.
5. Probenträger (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Substrat (15) des Probenträgers (14) biegsam ist.
6. Probenträger (14) nach Anspruch 1, wobei die zweidimensionale Gitterstruktur ein regelmäßiges Gitter bildet, bei dem eine Flächendichte der Heizbahnen (20) lateral konstant ist.
7. System zur Durchführung einer berührungslosen Messung an einer Probe, mit folgenden Merkmalen:
 - einem Probenträger (14) für eine Probe zur Durchführung einer berührungslosen Messung an der Probe gemäß Anspruch 1;
 - einer Messanordnung (26) zur Durchführung einer berührungslosen Messung an der Probe, wobei das System ferner eine Steuerung und eine Ausleseschaltung aufweist, wobei die Steuerung ausgebildet ist, um über die erste und die zweite Elektrode (A, B) eine Spannung für einen Heizstrom durch die Heizbahnen (20) anzulegen, wobei die Ausleseschaltung ausgebildet ist, um über die dritte und die vierte Elektrode einen Sensorwert zu erfassen, der ein Maß für einen Widerstand der Heizbahnen (20) ist.
8. Das System nach Anspruch 7, wobei die Messanordnung (26) ausgebildet ist, eine Messung an der Probe mittels Licht durchzuführen, und das Substrat (15) des Probenträgers (14) für das Licht transparent ist.
9. Verfahren zur Durchführung einer berührungslosen Messung an einer Probe, mit folgenden Schritten:

Bereitstellen eines Probenträgers (14) mit

einem Substrat (15) in Form eines transparenten PEN-Foliensubstrats; einem ersten und einem zweiten Heizanschluss (16, 18) auf einer Vorderseite des Substrats; und Heizbahnen (20), die auf der der Vorderseite des Substrats angeordnet sind und eine Parallelschaltung zwischen dem ersten und dem zweiten Heizanschluss (16, 18) bilden, indem die Heizbahnen (20) eine zweidimensionale Gitterstruktur bilden, die sich zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss erstreckt, wobei der erste und der zweite Heizanschluss (16, 18) durch eine erste und eine zweite Elektrode gebildet werden, wobei die erste und die zweite Elektrode in gegenüberliegenden Randbereichen des Substrats (15) angeordnet sind, wobei die erste Elektrode einstückig mit einer dritten Elektrode verbunden ist, die seitlich neben der ersten Elektrode auf dem Substrat (15) angeordnet ist, und die zweite Elektrode einstückig mit einer vierten Elektrode verbunden ist, die seitlich neben der zweiten Elektrode auf dem Substrat (15) angeordnet ist;

Aufbringen der Probe auf den Probenträger (14);
Erwärmen der Probe durch Anlegen einer Spannung zwischen dem ersten und dem zweiten Heizanschluss (16, 18); und
Durchführung der berührungslosen Messung an der Probe und einer elektrischen Messung zwischen der dritten und vierten Elektrode.

Claims

1. Sample carrier (14) for a sample for performing contactless measurement on the sample, comprising:

a substrate (15) in the form of a transparent PEN foil substrate;
first and second heating terminals (16, 18) on a front of the substrate; and
heating traces (20) arranged on the front of the substrate and forming a parallel connection between the first and second heating terminals (16, 18) in that the heating traces (20) form a two-dimensional grid structure extending between the first and second terminals, wherein the first and second heating terminals (16, 18) are formed by first and second electrodes, wherein the first and second electrodes are ar-

ranged in opposing edge regions of the substrate (15),

wherein the first electrode is integrally connected to a third electrode arranged laterally adjacent to the first electrode on the substrate (15), and the second electrode is integrally connected to a fourth electrode arranged laterally adjacent to the second electrode on the substrate (15), such that electric measurement between the third and fourth electrodes is possible.

2. Sample carrier (14) according to claim 1, wherein the heating traces (20) are arranged such that an area density of the heating traces (20) increases from a center of the area of the substrate towards the outside.
3. Sample carrier (14) according to claim 1 or 2, wherein the two-dimensional grid structure comprises an arrangement of grid spacings (36) having the same shape out of a square, rectangular or circular shape.
4. Sample carrier (14) according to one of claims 1 to 3, wherein the heating traces (20) are formed of a structured electrically conductive thin-film layer on the substrate (15).
5. Sample carrier (14) according to one of claims 1 to 4, wherein the substrate (15) of the sample carrier (14) is flexible.
6. Sample carrier (14) according to claim 1, wherein the two-dimensional grid structure forms a regular grid, wherein an area density of the heating traces (20) is laterally constant.
7. System for performing contactless measurement on a sample, comprising:

a sample carrier (14) for a sample for performing contactless measurement on the sample according to claim 1;
a measurement arrangement (26) for performing contactless measurement on the sample, wherein the system further comprises a controller and a readout circuit, wherein the controller is implemented to apply a voltage for a heating current through the heating traces (20) via the first and second electrodes (A, B), wherein the readout circuit is implemented to sense, via the third and fourth electrodes, a sensor value which is a measure for a resistance of the heating traces (20).

8. The system according to claim 7, wherein the measurement arrangement (26) is con-

figured to perform a measurement on the sample by means of light and the substrate (15) of the sample carrier (14) is transparent for the light.

9. Method for performing contactless measurement on a sample, comprising the steps of:

providing a sample carrier (14) comprising:

a substrate (15) in the form of a transparent PEN foil substrate;
first and second heating terminals (16, 18) on a front of the substrate; and
heating traces (20) arranged on the front of the substrate and forming a parallel connection between the first and second heating terminals (16, 18) in that the heating traces (20) form a two-dimensional grid structure extending between the first and second terminals,
wherein the first and second heating terminals (16, 18) are formed by first and second electrodes,
wherein the first and second electrodes are arranged in opposing edge regions of the substrate (15),
wherein the first electrode is integrally connected to a third electrode arranged laterally adjacent to the first electrode on the substrate (15), and the second electrode is integrally connected to a fourth electrode arranged laterally adjacent to the second electrode on the substrate (15);

depositing the sample on the sample carrier (14);
heating the sample by applying a voltage between first and second heating terminals (16, 18); and
performing the contactless measurement on the sample and an electric measurement between the third and fourth electrodes.

Revendications

1. Porte-échantillon (14) pour un échantillon pour effectuer une mesure sans contact sur l'échantillon, aux caractéristiques suivantes:

un substrat (15) sous forme d'un substrat de film PEN transparent;
une première et une deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18) sur un côté avant du substrat; et
des pistes chauffantes (20) qui sont disposées sur le côté avant du substrat et forment un circuit parallèle entre la première et la deuxième borne

de raccordement de chauffage (16, 18) en ce que les pistes chauffantes (20) forment une structure en grille bidimensionnelle qui s'étend entre la première et la deuxième borne de raccordement,
dans lequel la première et la deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18) sont formées par une première et une deuxième électrode,
dans lequel la première et la deuxième électrode sont disposées dans des zones de bord opposées du substrat (15),
dans lequel la première électrode est connectée de manière à former une seule pièce à une troisième électrode qui est disposée latéralement à côté de la première électrode sur le substrat (15) et la deuxième électrode est connectée de manière à former une seule pièce à une quatrième électrode qui est disposée latéralement à côté de la deuxième électrode sur le substrat (15), de sorte que soit possible une mesure électrique entre la troisième et la quatrième électrode.

2. Porte-échantillon (14) selon la revendication 1, dans lequel lesdites pistes chauffantes (20) sont disposées de sorte qu'une densité de surface des pistes chauffantes (20) augmente d'un centre de la surface du substrat vers l'extérieur.

3. Porte-échantillon (14) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la structure en grille bidimensionnelle présente un aménagement d'interstices de grille (36) présentant une même forme constituée d'une forme carrée, rectangulaire ou circulaire.

4. Porte-échantillon (14) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les pistes chauffantes (20) sont réalisées à partir d'une couche de film mince structurée de manière électriquement conductrice sur le substrat (15).

5. Porte-échantillon (14) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel le substrat (15) du porte-échantillon (14) est flexible.

6. Porte-échantillon (14) selon la revendication 1, dans lequel la structure en grille bidimensionnelle forme une grille régulière dans laquelle une densité de surface des pistes chauffantes (20) est latéralement constante.

7. Système pour réaliser une mesure sans contact sur un échantillon, aux caractéristiques suivantes:

un porte-échantillon (14) pour un échantillon

pour effectuer une mesure sans contact sur l'échantillon selon la revendication 1;
 un aménagement de mesure (26) pour effectuer une mesure sans contact sur l'échantillon, dans lequel le système présente par ailleurs une commande et un circuit de lecture, dans lequel la commande est réalisée pour appliquer par l'intermédiaire de la première et de la deuxième électrode (A, B) une tension pour un courant de chauffage à travers les pistes chauffantes (20), dans lequel le circuit de lecture est réalisé pour détecter par l'intermédiaire de la troisième et de la quatrième électrode une valeur de capteur qui est une mesure de la résistance des pistes chauffantes (20).

8. Système selon la revendication 7, dans lequel l'aménagement de mesure (26) est réalisé pour effectuer une mesure sur l'échantillon au moyen de lumière, et le substrat (15) du porte-échantillon (14) est transparent à la lumière.
9. Procédé pour effectuer une mesure sans contact sur un échantillon, aux étapes suivantes consistant à:

préparer un porte-échantillon (14) avec

un substrat (15) sous forme d'un substrat de film PEN transparent;
 une première et une deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18) sur un côté avant du substrat; et
 des pistes chauffantes (20) qui sont disposées sur le côté avant du substrat et forment un circuit parallèle entre la première et la deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18) en ce que les pistes chauffantes (20) forment une structure en grille bidimensionnelle qui s'étend entre la première et la deuxième borne de raccordement, dans lequel la première et la deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18) sont formées par une première et une deuxième électrode,
 dans lequel la première et la deuxième électrode sont disposées dans des zones de bord opposées du substrat (15), dans lequel la première électrode est connectée de manière à former une seule pièce à une troisième électrode qui est disposée latéralement à côté de la première électrode sur le substrat (15) et la deuxième électrode est connectée de manière à former une seule pièce à une quatrième électrode qui est disposée latéralement à côté de la deuxième électrode sur le substrat (15);

placer l'échantillon sur le porte-échantillon (14);
 chauffer l'échantillon en appliquant une tension entre la première et la deuxième borne de raccordement de chauffage (16, 18); et
 effectuer la mesure sans contact sur l'échantillon et une mesure électrique entre la troisième et la quatrième électrode.

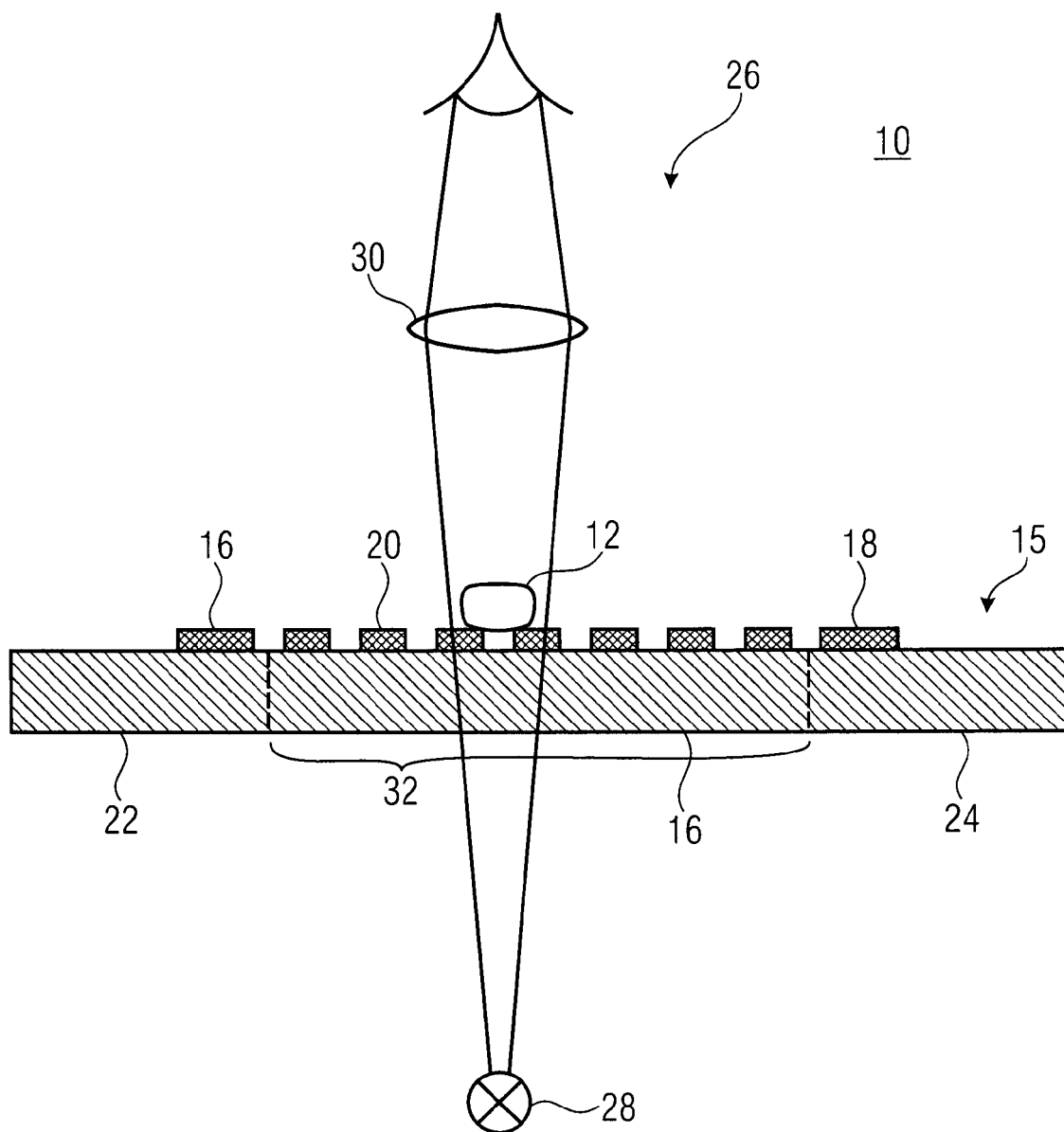


FIG 1

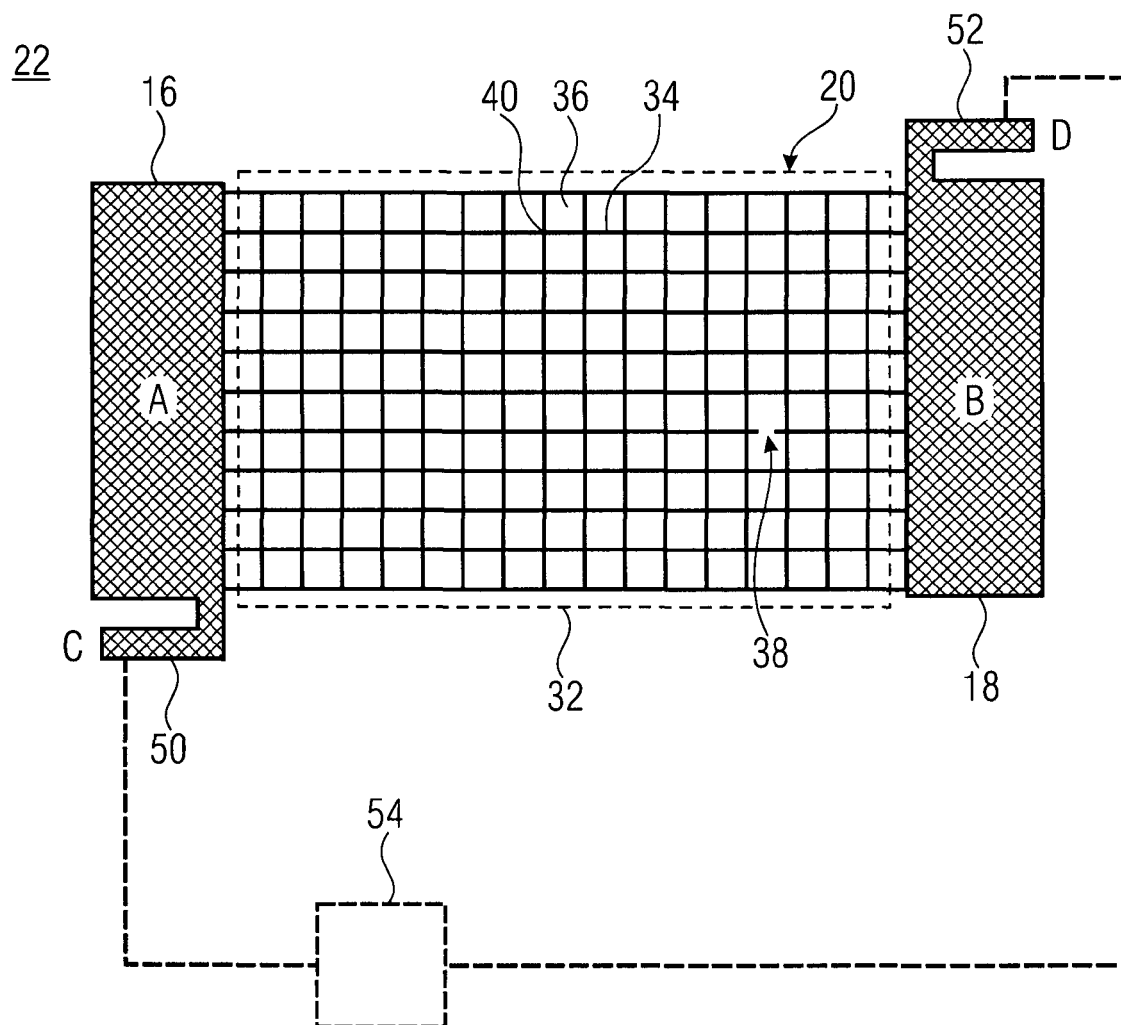


FIG 2

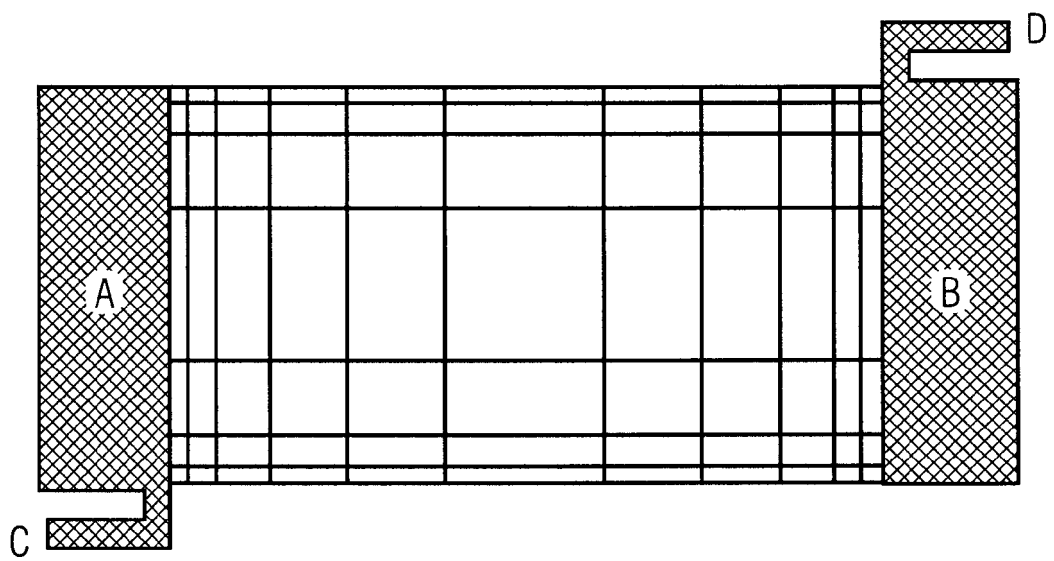


FIG 3

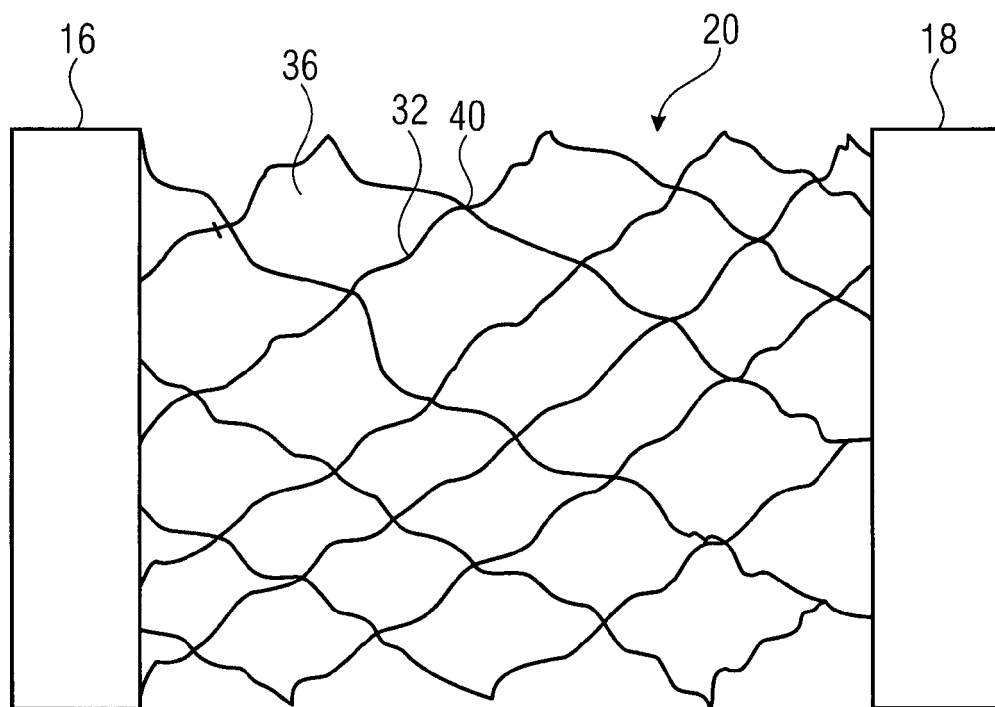


FIG 4A

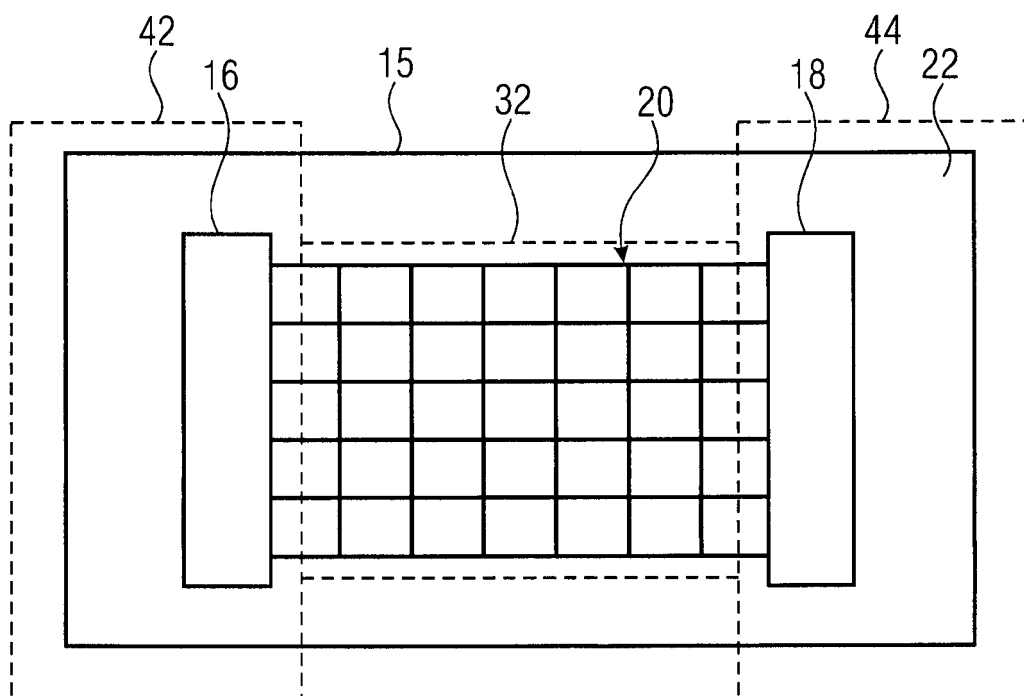


FIG 4B

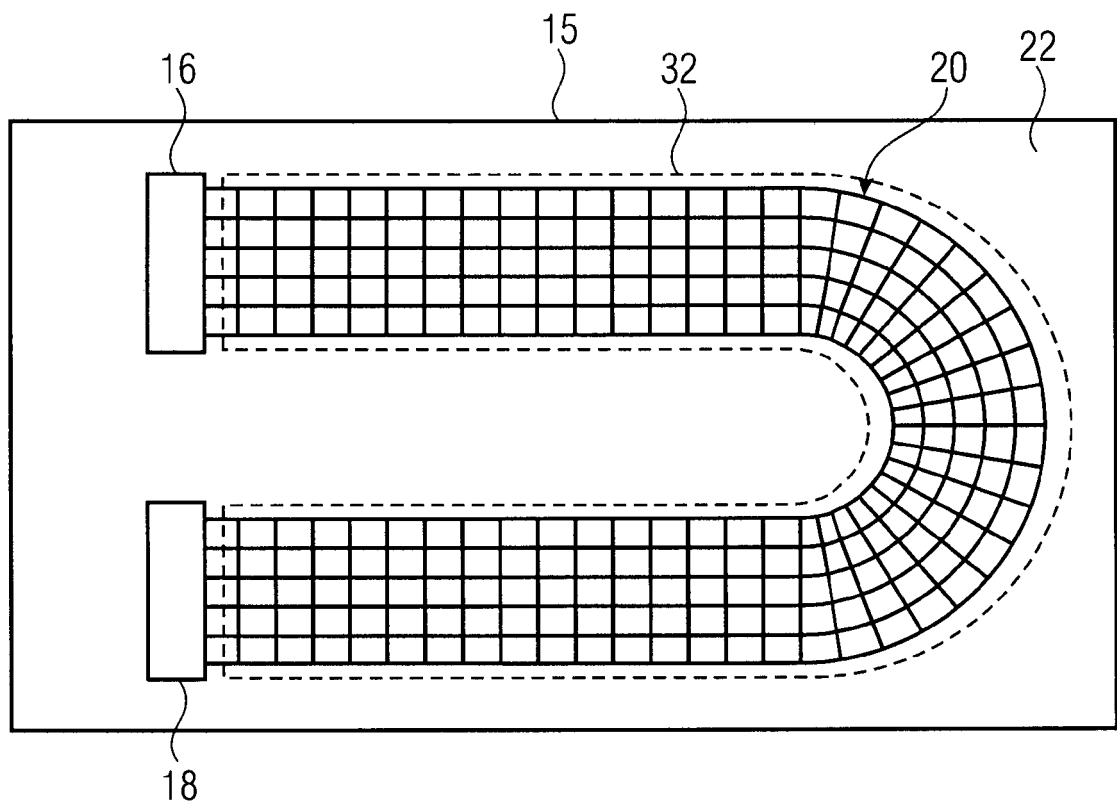


FIG 4C

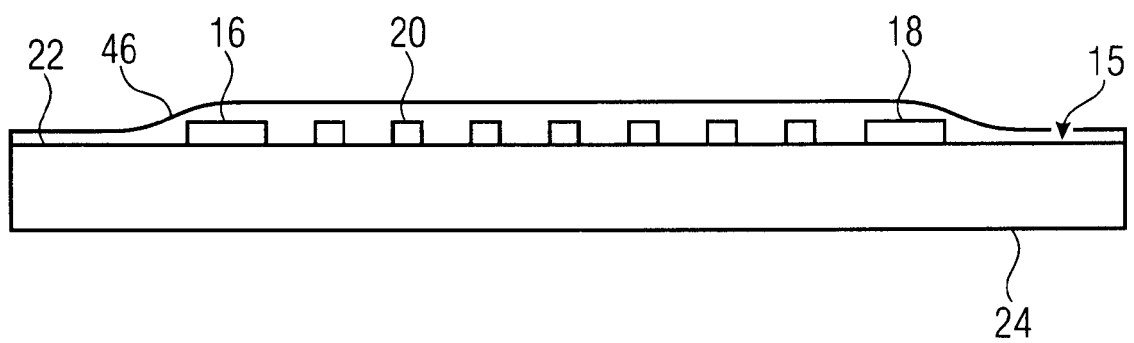


FIG 4D

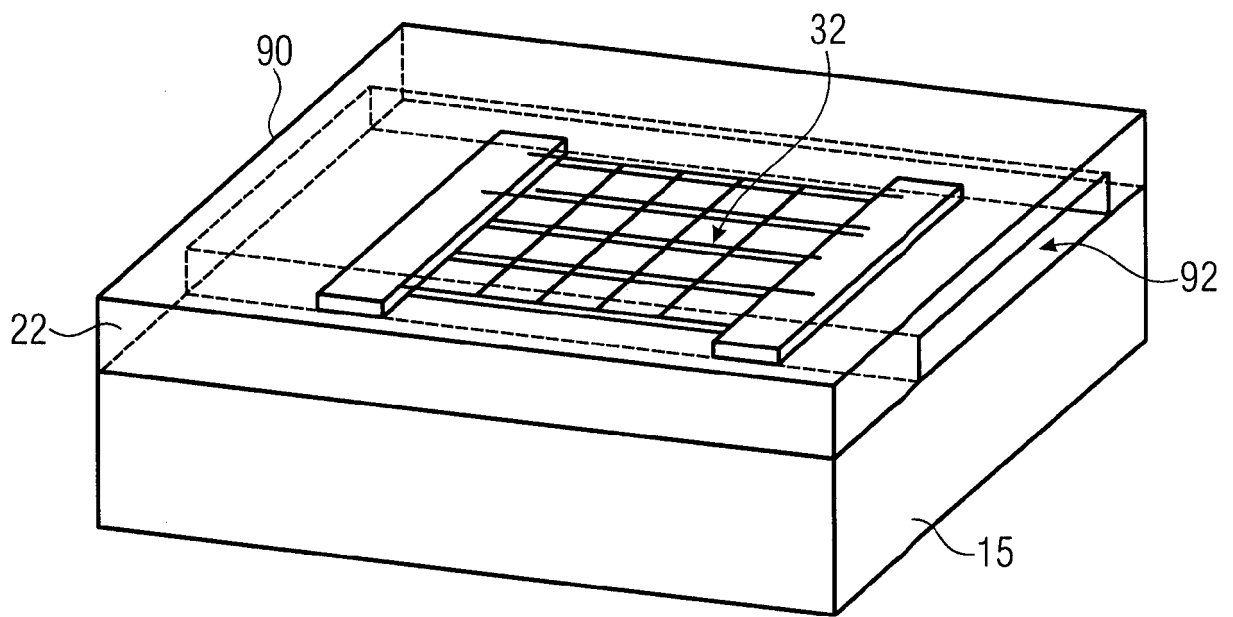


FIG 4E

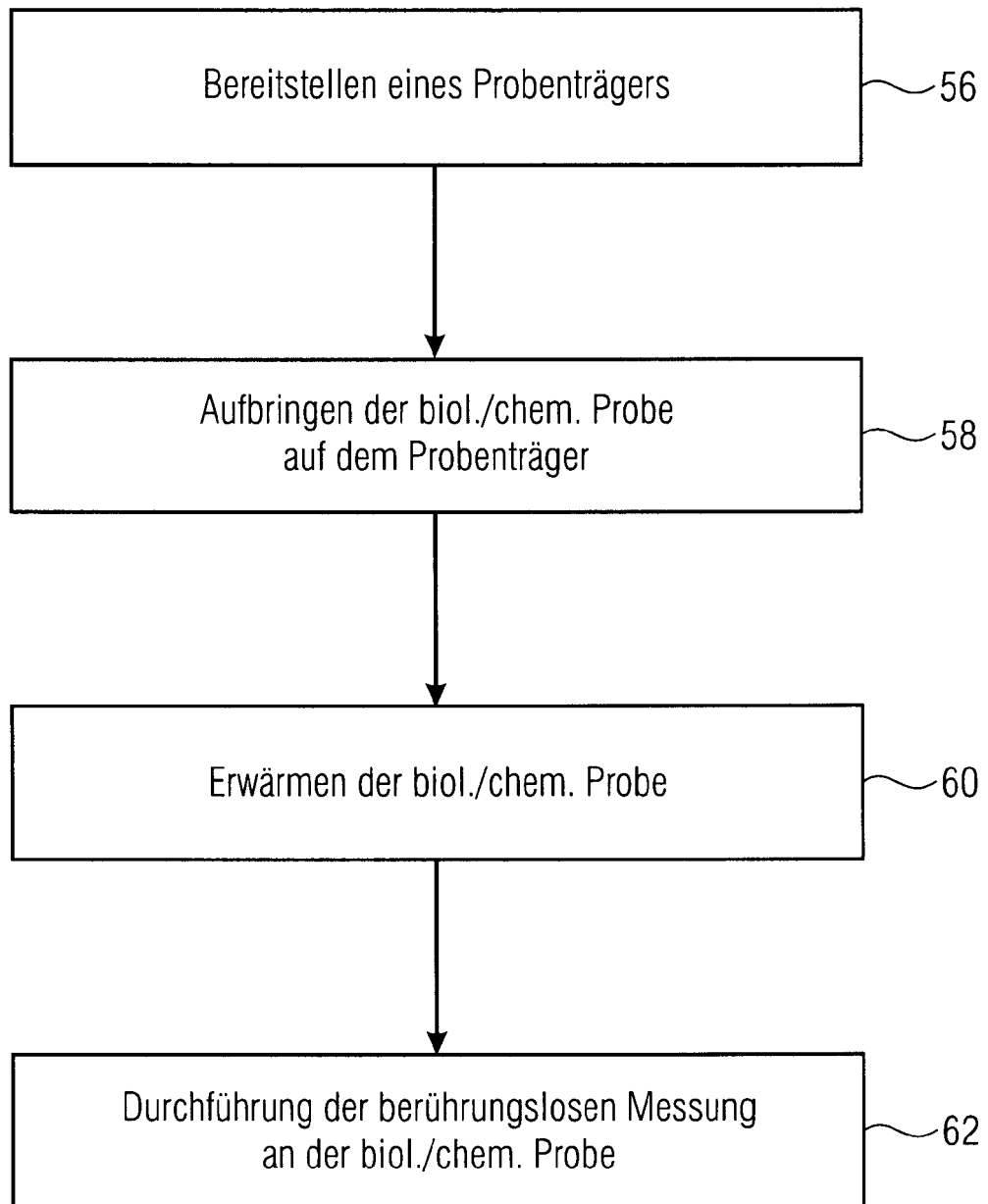


FIG 5

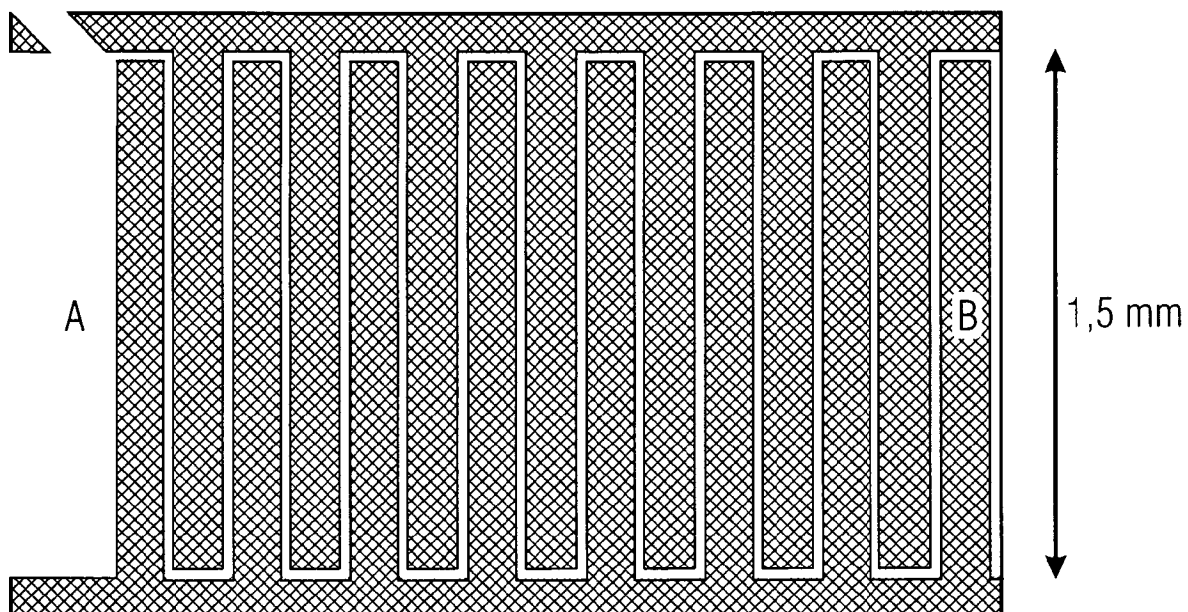


FIG 6A

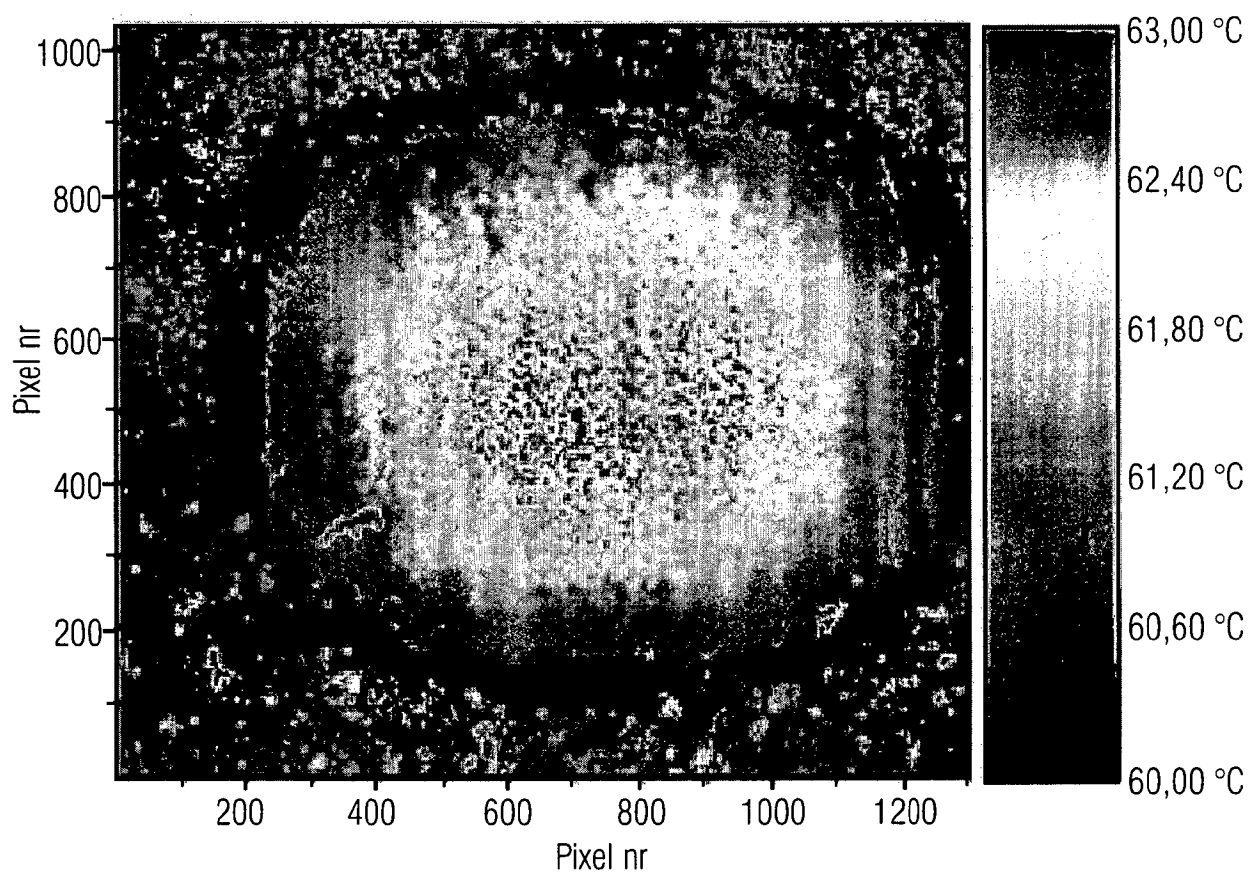


FIG 6B

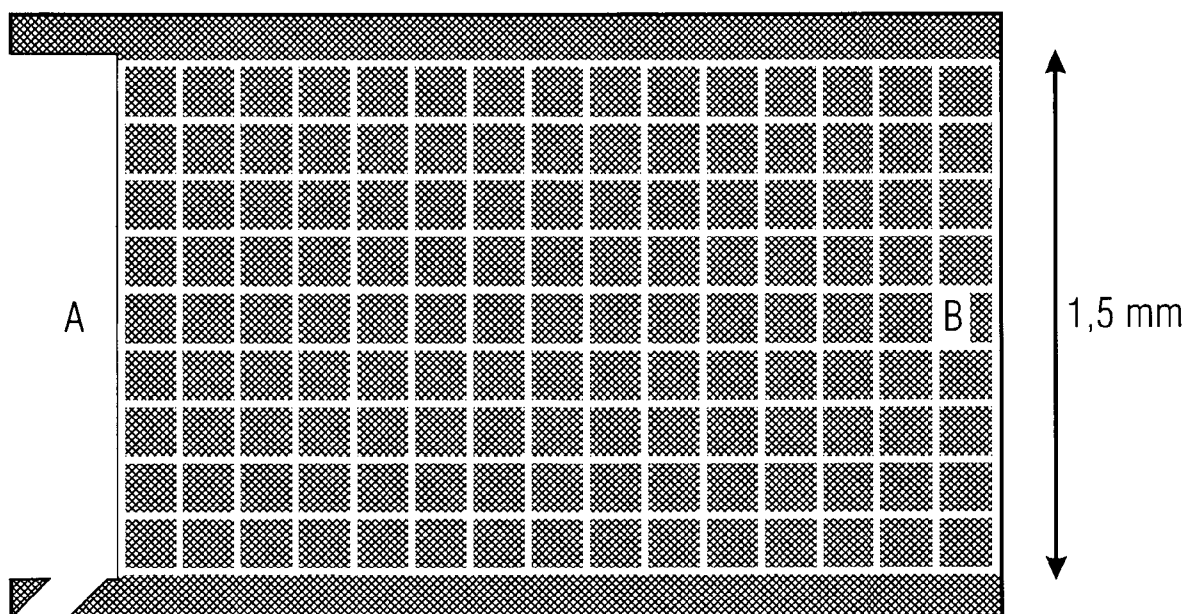


FIG 7A

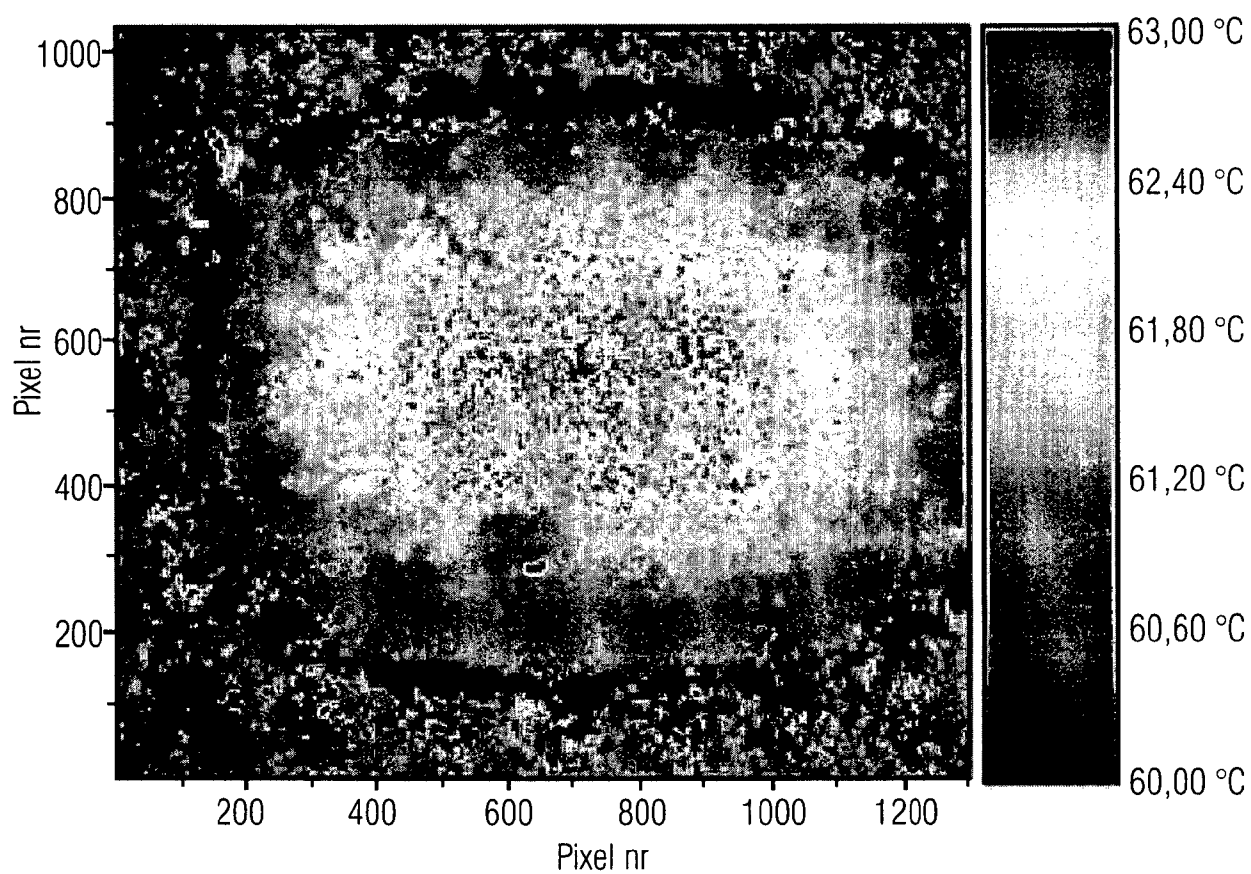


FIG 7B

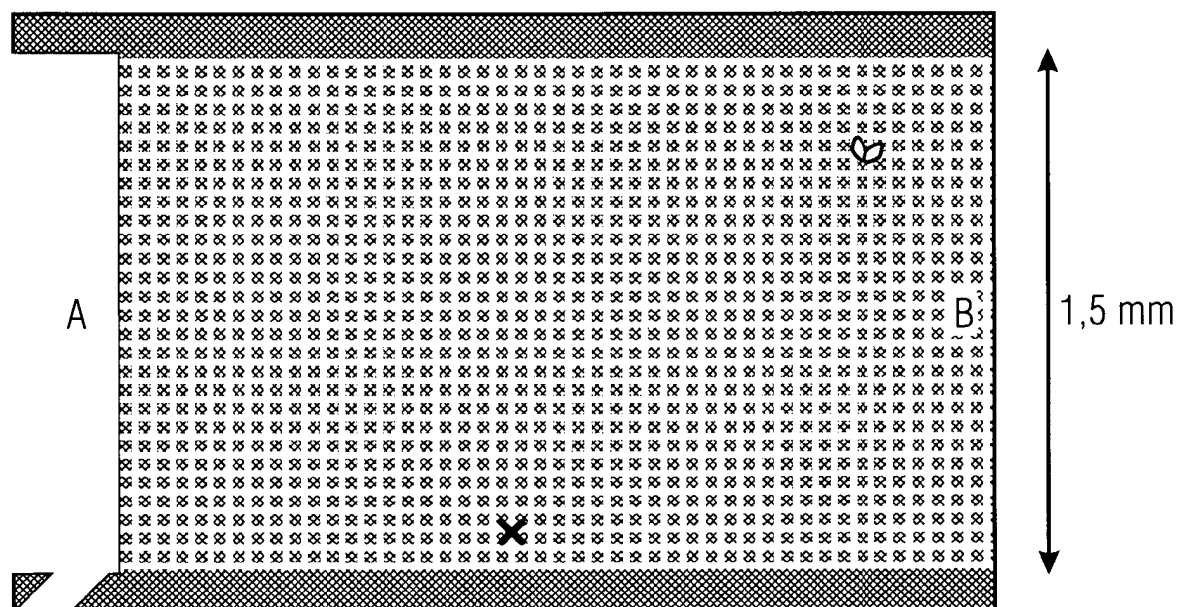


FIG 8A

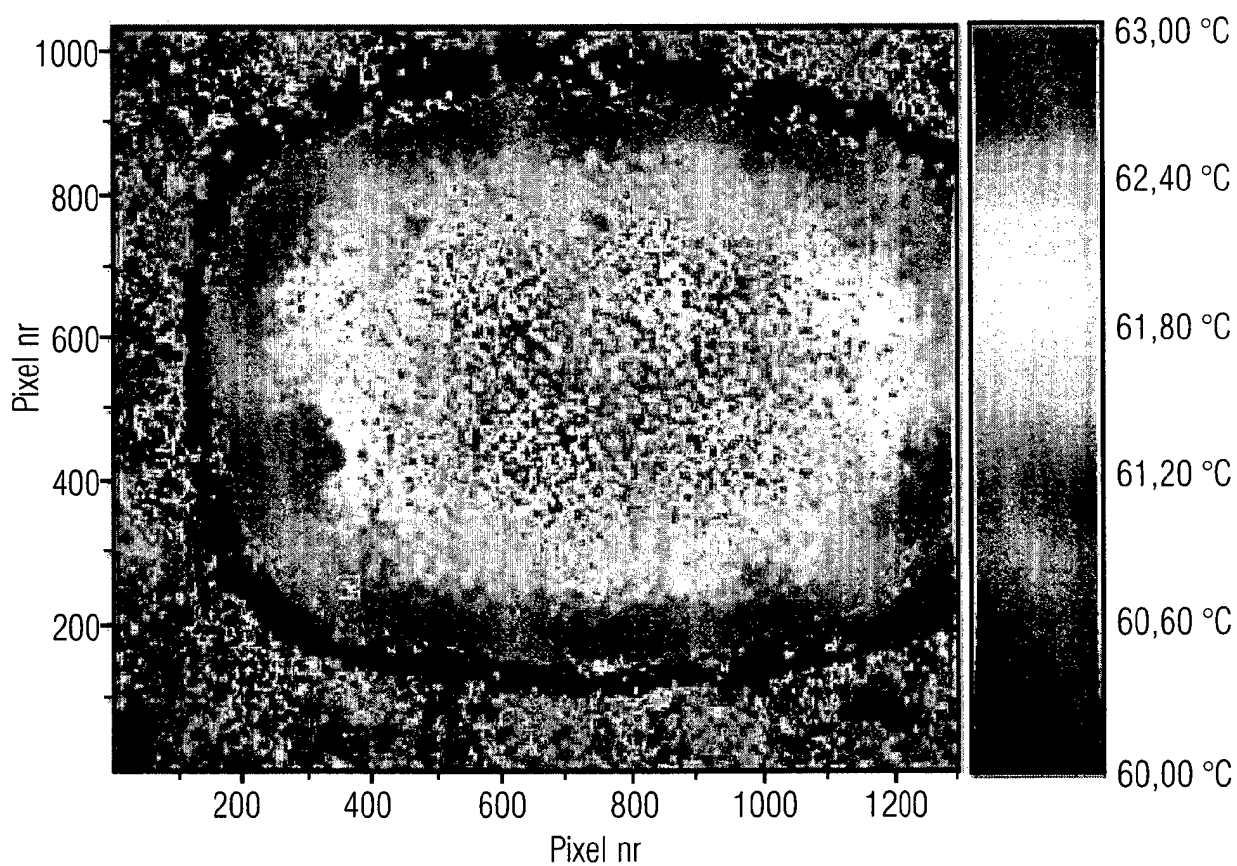


FIG 8B

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2010108692 A2 [0005]
- US 20110056926 A1 [0007]
- WO 2009019658 A2 [0009]
- US 20090211336 A [0010]
- EP 2314552 A1 [0011]
- EP 1972375 A1 [0012]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **S-C ROTH ; Y-M CHOI ; S-Y KIM.** *Sensors Actuators A*, 2006, vol. 128, 1-6 [0003]
- **D. BRIAND ; S. COLIN ; A. GANGADHARAI AH.** *Sensors Actuators A*, 2006, vol. 132, 317-24 [0003]
- **T. BECKER ; S. MUHLBERGER ; W. BENECKE.** *J. Microelectromech. Syst.*, vol. 200 (9), 478-84 [0003]
- **A. SPLINTER ; J. STURMANN ; O. BARTELS.** *Sensors Actuators B*, 2002, vol. 83, 169-74 [0003]
- **Z. YIN ; A. PROSPERETTI.** *J. Micromech. Microeng.*, 2005, 1683-91 [0003]
- **W.-J. HWANG ; K.-S. SHIN ; J.-H. ROH.** *Sensors*, 2011, vol. 11, 2580-2591 [0003]
- **D. CAPUTO ; G. DE CESARE ; M. NARDINI.** *IEEE SENSORS JOURNAL*, 2012, vol. 12 (5), 1209-13, http://www.allflexheaters.com/Profiled_Heaters.cfm [0003]
- **K. SUN ; A. YAMAGUCHI ; Y. ISHIDA.** *Sensors und Actuators B*, 2002, vol. 84, 283-289 [0004]
- **J.-Y. CHENG ; M.-H. YEN ; C.-T. KUO.** *Biomicrofluidics*, 2008, vol. 2 (024105), 1-12 [0004]
- **J.-L. LIN ; M.-H. WU ; C.-Y. KUO.** *Biomed Microdevices*, 2010, vol. 12, 389-398 [0004]
- **S. KUMAR JHA ; R. CHAND ; D. HAN.** *Lab Chip*, 2012 [0004]
- **M.-G. KANG ; L. J. GUO.** *Advanced Materials*, 2007, vol. 19 (10), 1391-1396 [0005]
- **M.-G. KANG ; M.-S. KIM ; J. KIM.** *Advanced Materials. Adv. Mater.*, 2008, vol. 20, 4408-4413 [0005]
- **S. CHOI ; W. J. POTSCAVAGE, JR. ; B. KIPPELEN.** *JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 2009, vol. 106, 054507 [0005]
- **J. ZHANG ; P. A. R. ADE ; P. MAUSKOPF.** *Appl. Opt.*, 2011, vol. 50 (21), 3750-7 [0005]
- **P. A. R. ADE ; G. PISANO ; C. TUCKER.** *Proc. of SPIE*, vol. 6275, 62750U-1 [0005]