



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2005 000 919 T2** 2008.01.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 642 945 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C09D 11/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 000 919.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 256 108.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.09.2005**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **05.04.2006**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.01.2008**

(30) Unionspriorität:

957470 30.09.2004 US

(73) Patentinhaber:

Lifescan, Inc., Milpitas, Calif., US

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(72) Erfinder:

**Rodgers, James Iain, Invernesshire, IV2 4LL, GB;
MacLennan, Margaret, Inverness Invernesshire
IV2 7TB, GB; Moffat, James, Inverness
Invernesshire IV3 8QU, GB; McNeilage, Alan,
Inverness Invernesshire IV3 8LZ, GB**

(54) Bezeichnung: **Schmelzbare, leitfähige Tinten zur Herstellung mikrofluider analytischer Systeme**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft im allgemeinen analytische Vorrichtungen und insbesondere Materialien zur Verwendung in der Herstellung von mikrofluiden, analytischen Systemen.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] In auf Fluidproben basierten analytischen Vorrichtungen (d. h. fluiden, analytischen Vorrichtungen) sollten die erforderlichen Fluidproben mit einem hohen Genauigkeitsgrad und Präzisionsgrad gesteuert werden, um verlässliche analytische Ergebnisse zu erhalten. Eine solche Steuerung ist insbesondere gewährleistet in Bezug auf „mikrofluide“ analytische Vorrichtungen, die Fluidproben eines kleinen Volumens, beispielsweise 10 Nanoliter bis 10 Mikroliter, einsetzen. In solchen mikrofluiden analytischen Vorrichtungen sind die Fluidproben typischerweise in Mikrokanälen mit Abmessungen in der Größenordnung von beispielsweise 10 Mikrometern bis 500 Mikrometern enthalten und werden darin transportiert.

[0003] Die Steuerung (d.h. Beförderung, Positionsbestimmung, Flußratenbestimmung und/oder Volumenbestimmung) von Fluidproben mit kleinem Volumen innerhalb von Mikrokanälen kann im Ausgang einer Vielzahl von analytischen Verfahren einschließlich der Bestimmung der Glucosekonzentration in interstitiellen Fluidproben (ISF) essentiell sein. Beispielsweise kann das Erhalten verlässlicher Ergebnisse ein Wissen der Fluidprobenposition erfordern, um zu gewährleisten, daß eine Fluidprobe an einem Detektionsbereich angekommen ist, bevor eine Analyse durchgeführt wird.

[0004] Die verhältnismäßig kleine Größe der Fluidproben und der Mikrokanäle in mikrofluiden analytischen Vorrichtungen kann jedoch eine solche Steuerung problematisch machen. Beispielsweise können Mikrokanäle und umgebende Strukturen (z. B. Substrat(e) und Elektrode(n)) an einem Mangel einer vereinheitlichten strukturellen Integrität leiden, so daß die Mikrokanäle nicht adäquat flüssigkeits- und/oder luftdicht sind.

[0005] Zusätzlich verwenden mikrofluide analytische Vorrichtungen häufig Elektroden für eine Vielzahl von Zwecken, einschließlich Analytbestimmung und Fluidprobensteuerung (z.B. Fluidprobenpositionsbestimmung und Fluidprobenbeförderung). Jedoch sind die in mikrofluiden analytischen Vorrichtungen eingesetzten Elektroden verhältnismäßig klein und können der Natur nach zerbrechlich sein. Als eine Folge neigen die Elektroden zu einem unvoll-

ständigen oder schwachen elektrischen Kontakt, was in der Erzeugung von falschen und/oder schädlichen Signalen während des Betriebs resultiert.

[0006] Es werden daher auf dem Fachgebiet noch Materialien benötigt, die in der Herstellung von analytischen Vorrichtungen eingesetzt werden können, die eine robuste und sichere elektrische Verbindung an Elektroden innerhalb der analytischen Vorrichtungen bereitstellen. Ferner sollten die Materialien Mikrokanäle bereitstellen, die innerhalb der analytischen Vorrichtung im wesentlichen flüssigkeits- und/oder luftdicht sind.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Schmelzbare, leitfähige Tinten gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können bei der Herstellung von mikrofluiden Systemen eingesetzt werden, so daß eine robuste und sichere elektrische Verbindung an Elektroden innerhalb der mikrofluiden Systeme bereitgestellt wird. Ferner können die schmelzbaren Tinten ebenfalls eingesetzt werden, um Mikrokanäle bereitzustellen, die innerhalb der mikrofluiden Systeme flüssigkeits- und/oder luftdicht sind.

[0008] Schmelzbare, leitfähige Tinten gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung schließen mikronisiertes Pulver enthaltend Platin und Kohlenstoff, Po1y(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-endgekapptes Polymer und ein Lösungsmittel ein. Zusätzlich ist das Verhältnis des mikronisierten Pulvers zu Poly(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-entgekapptem Polymer im Bereich von 3:1 bis 1:3.

[0009] Schmelzbare, leitfähige Tinten gemäß der vorliegenden Erfindung können bei der Herstellung von mikrofluiden System eingesetzt werden, um Elektroden, elektrisch leitfähige Spuren und/oder elektrisch leitfähige Kontaktblöcke zu bilden. Da zusätzlich die schmelzbaren, leitfähigen Tinten schmelzbar sind, können Elektroden und elektrisch leitfähige Spuren, die aus den Tinten gebildet werden, mit isolierenden Substraten und Laminatschichten verschmolzen werden, um die Bildung von flüssigkeits- und/oder luftdichten Mikrokanälen zu fördern. Ferner können elektrisch leitfähige Spuren, die aus den Tinten gebildet werden, mit elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken verschmolzen werden, um eine sichere und robuste elektrische Verbindung zwischen den elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken und einer Elektrode über die elektrisch leitfähige Spur bereitzustellen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0010] Ein besseres Verständnis der Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung wird durch Be-

zugnahme auf die folgende detaillierte Beschreibung, die veranschaulichende Ausführungsformen darlegt, in welcher Prinzipien der Erfindung eingesetzt werden, und den beigefügten Zeichnungen erhalten, in denen:

[0011] [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Blockdiagramm ist, das ein System zum Extrahieren einer Körperfluidprobe und Überwachen eines Analyts darin zeigt, mit welchem Ausführungsformen von mikrofluiden analytischen Systemen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können;

[0012] [Fig. 2](#) ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Positionselektrode, eines Mikrokanals, eines Analytsensors und einer Messkonfiguration ist, die relevant sind für Ausführungsformen der mikrofluiden analytischen Systeme gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0013] [Fig. 3](#) eine vereinfachte Aufsicht (mit gestrichelten Linien, die versteckte Elemente anzeigen) eines Analysemoduls eines mikrofluiden analytischen Systems gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist;

[0014] [Fig. 4](#) eine vereinfachte Querschnittsansicht des Analytmoduls nach [Fig. 3](#) aufgenommen entlang Linie A-A aus [Fig. 3](#) ist;

[0015] [Fig. 5](#) eine vereinfachte Querschnittsansicht des Analytmoduls nach [Fig. 3](#) in elektrischer Verbindung mit einer elektrischen Vorrichtung des mikrofluiden analytischen Systems ist;

[0016] [Fig. 6](#) eine vereinfachte Querschnittsansicht des Analytmoduls nach [Fig. 3](#) in elektrischer Verbindung mit einem Bereich einer alternativen elektrischen Vorrichtung ist;

[0017] [Fig. 7](#) eine vereinfachte Querschnittsansicht eines weiteren Analysemoduls eines mikrofluiden analytischen Systems gemäß der vorliegenden Erfindung ist;

[0018] [Fig. 8](#) ein Fließschema ist, das eine Ausführungsform eines Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt; und

[0019] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) Querschnittsansichten sind, die Schritte im Verfahren nach [Fig. 8](#) veranschaulichen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0020] Um in der gesamten vorliegenden Beschreibung konsistent zu sein und für ein klares Verständnis der vorliegenden Erfindung, werden die folgenden Definitionen für hierin verwendete Begriffe bereit-

gestellt: Der Begriff „verschmolzen“ bezieht sich auf den durch Verschmelzen vereinigten Zustand. Der Begriff „verschmelzen“ bezieht sich auf den Vorgang des Zusammenschmelzens zu einem vereinigten Zustand.

[0021] Ein Fachmann auf dem Gebiet wird erkennen, daß mikrofluide analytische Systeme gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beispielsweise als ein Subsystem in einer Vielzahl von analytischen Vorrichtungen eingesetzt werden können. Beispielsweise können Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung als ein Analysemodul eines Systems **100**, das in [Fig. 1](#) gezeigt ist, eingesetzt werden. Das System **100** ist zur Extraktion einer Körperfluidprobe (z.B. eine ISF-Probe) und zum Überwachen eines Analyts (z.B. Glukose) darin konfiguriert. Das System **100** schließt ein verfügbares Steckmodul **112** (umfaßt innerhalb der gestrichelten Box), ein lokales Steuermodul **114** und ein Fernsteuerungsmodul **116** ein.

[0022] Im System **100** schließt das verfügbare Steckmodul **112** ein Probenahmemodul **118** zum Extrahieren der Körperfluidprobe (nämlich einer ISF-Probe) von einem Körper (B, beispielsweise einer Hautschicht eines Verwenders) und ein Analysemodul **120** zum Messen eines Analyts (z.B. Glukose) in dem Körperfluid ein. Das Probenahmemodul **118** kann irgendein geeignetes Probenahmemodul sein, das Fachleuten auf dem Gebiet bekannt ist, während das Analysemodul **120** ein mikrofluides analytisches System gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sein kann. Beispiele geeigneter Probenahmemodule werden in der internationalen Anmeldung PCT/GB01/05634 (veröffentlicht als WO 02/49507 A1 am 27. Juni 2002) und der US-Patentanmeldung 10/653,023 beschrieben, die beide hierin vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen sind. Jedoch ist im System **100** das Probenahmemodul **118** konfiguriert, um verfügbar zu sein, da es eine Komponente des verfügbaren Steckmoduls **112** ist.

[0023] [Fig. 2](#) ist ein vereinfachtes schematisches Diagramm einer Positionselektrode, eines Mikrokanals, eines Analytsensors und einer Messkonfiguration **200**, die relevant sind, um die mikrofluiden analytischen Systeme gemäß der vorliegenden Erfindung zu verstehen. Die Konfiguration **200** schließt eine erste Positionselektrode **202**, eine zweite Positionselektrode **204**, ein elektrisches Impedanzmessgerät **206**, einen Zeitnehmer **208**, einen Mikrokanal **210** und einen Analytsensor **212** ein. In der Konfiguration nach [Fig. 2](#) zeigen geschwungene Linien eine Fluidprobe (z. B. eine ISF-, Blut-, Urin-, Plasma-, Serum-, Puffer- oder Reagenzfluidprobe) innerhalb des Mikrokanals **210**.

[0024] Die Konfiguration **200** kann verwendet werden, um die Position oder die Fließgeschwindigkeit

einer Fluidprobe im Mikrokanal **210** zu bestimmen. In der Konfiguration nach [Fig. 2](#) ist der Analysensor **212** zwischen der ersten Positionselektrode **202** und der zweiten Positionselektrode **204** angeordnet. Das elektrische Impedanzmessgerät **206** ist angepaßt zum Messen einer elektrischen Impedanz zwischen der ersten Positionselektrode **202** und der zweiten Elektrode **204**. Eine solche Messung kann beispielsweise erreicht werden durch Einsetzen einer Spannungsquelle, um entweder eine kontinuierliche oder wechselnde Spannung zwischen der ersten Positionselektrode **202** und der zweiten Positionselektrode **204** einzuführen, so daß eine Impedanz, die aus einem Leitungsweg, der durch eine Fluidprobe innerhalb des Mikrokanals **210** und zwischen der ersten Positionselektrode **202** und der zweiten Positionselektrode **204** gebildet wird, resultiert, gemessen werden kann, was ein Signal ergibt, das für die Gegenwart der Fluidprobe indikativ ist.

[0025] Wenn ferner das elektrische Impedanzmessgerät **206** eine Änderung der Impedanz aufgrund der Gegenwart einer Fluidprobe zwischen den ersten und zweiten Positionselektroden mißt, kann ein Signal an den Zeitnehmer **208** gesendet werden, um die Zeit zu markieren, bei welcher Flüssigkeit zuerst zwischen den ersten und zweiten Positionselektroden vorhanden ist. Wenn die gemessene Impedanz anzeigt, daß die Fluidprobe die zweite Positionselektrode erreicht hat, kann ein weiteres Signal an den Zeitnehmer **208** gesendet werden. Der Unterschied der Zeit, wenn eine Fluidprobe zuerst zwischen den ersten und zweiten Positionselektroden vorhanden ist, und wenn die Fluidprobe die zweite Positionselektrode erreicht, kann verwendet werden, um die Fluidprobenflußgeschwindigkeit (vorausgesetzt, daß das Volumen des Mikrokanals **210** zwischen den ersten und zweiten Positionselektroden bekannt ist) zu bestimmen. Ferner kann das Wissen der Fluidprobenflußgeschwindigkeit und/oder der Fluidprobenposition verwendet werden, um das Gesamtfuidprobenvolumen zu bestimmen. Zusätzlich kann ein Signal, das den Zeitpunkt angibt, an dem eine Fluidprobe an der zweiten Positionselektrode **204** ankommt, ebenfalls zu einem lokalen Steuermodul (z.B. lokales Steuermodul **114** nach [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#)) zur Betriebsverwendung gesendet werden.

[0026] Weitere Beschreibungen von mikrofluiden analytischen Vorrichtungen, mit denen mikrofluide analytische System gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können, sind in der US-Patentanmeldung 10/811,446 eingeschlossen, die hierin vollständig durch Bezugnahme eingeschlossen ist.

[0027] [Fig. 3](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) sind vereinfachte Darstellungen eines mikrofluiden analytischen Systems **300** zum Überwachen eines Analyts in einer Fluidprobe gemäß einer beispielhaften Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung. Das mikrofluide analytische System **300** schließt ein Analysemodul **302** und eine elektrische Vorrichtung **304** (z.B. ein Meßgerät und/oder eine Energieversorgung) ein.

[0028] Das Analysemodul **302** schließt ein isolierendes Substrat **306** mit einer oberen Fläche **308** ein. Die obere Fläche **308** weist darin Mikrokanal **310** auf. Das Analysemodul **302** schließt ebenfalls drei elektrisch leitfähige Kontaktblöcke **312** ein, die auf der oberen Fläche des isolierenden Substrats **306** angeordnet sind, drei Elektroden **314**, die über Mikrokanal **310** angeordnet sind, elektrisch leitfähige Spuren **316**, die mit jeder Elektrode **314** und jedem elektrisch leitfähigen Kontaktblock **312** und einer Laminatschicht **318** verbunden sind. Die Laminatschicht **318** ist über den Elektroden **314**, den elektrisch leitfähigen Spuren **316** und einem Bereich der oberen Fläche **308** des isolierenden Substrats **306** angeordnet.

[0029] Elektrische Vorrichtung **304** schließt drei Federkontakte **320** (einer von diesen ist in [Fig. 5](#) veranschaulicht) und ein Chassis **322** (siehe [Fig. 5](#)) ein. Elektrisch leitfähige Kontaktblöcke **312** des mikrofluiden analytischen Systems weisen zugängliche exponierte Flächen **324** und **326** auf, die eine elektrische Verbindung zur elektrischen Vorrichtung **304** über Federkontakte **320** bereitstellen.

[0030] Das isolierende Substrat **306** kann aus irgendeinem geeigneten Material gebildet sein, das Fachleuten auf dem Gebiet bekannt ist. Beispielsweise kann das isolierende Substrat **306** aus einem isolierenden Polymer gebildet sein, wie Polystyrol, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat, Polyester und jegliche Kombinationen derselben. Um eine elektrische Verbindung zwischen der elektrischen Vorrichtung und den elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken zu ermöglichen, ist es insbesondere für das isolierende Substrat vorteilhaft, im wesentlichen nicht-kompressierbar zu sein und eine ausreichende Steifigkeit zur Insertion in die elektrische Vorrichtung aufzuweisen. Das isolierende Substrat **306** kann von irgendeiner geeigneten Dicke mit einer typischen Dicke von etwa 2 mm sein.

[0031] Die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke **312** können aus irgendeinem geeigneten, elektrisch leitfähigen Material gebildet sein, das Fachleuten auf dem Gebiet bekannt ist, einschließlich beispielsweise leitfähige Tinten, wie sie unten beschrieben werden, und leitfähige Pigmentmaterialien (z.B. mit Graphit, Platin, Gold und Silber beladene Polymere, die zur Verwendung im Spritzguß und in Druckmethoden geeignet sind).

[0032] Die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke können von irgendeiner geeigneten Dicke sein. Um jedoch eine sichere und robuste Verbindung an die elektrische Vorrichtung zu ermöglichen, ist eine Di-

cke des leitfähigen Kontaktblocks im Bereich von 5 µm bis 5 mm vorteilhaft, wobei eine Dicke von etwa 50 µm bevorzugt ist. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt werden, daß die Dicke der elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke beträchtlich dicker sein kann als die der Elektroden oder der elektrisch leitfähigen Spuren, wodurch eine sichere und robuste Verbindung zwischen den Elektroden und der elektrischen Vorrichtung (über die elektrisch leitfähigen Spuren und die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke) ermöglicht wird, während gleichzeitig vorgesehen wird, daß die Elektroden und die elektrisch leitfähigen Spuren verhältnismäßig dünn sind.

[0033] Elektroden **314** und elektrisch leitfähige Trassen **316** können ebenfalls aus irgendeinem geeigneten leitfähigen Material gebildet sein, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf leitfähige Materialien, die herkömmlicher Weise in Photolithographie, Siebdruck und Flexo-Druckmethoden eingesetzt werden. Kohlenstoff, Edelmetalle (z.B. Gold, Platin und Palladium), Edelmetalllegierungen und ebenso potentialbildende Metalloxide und Metallsalze sind Beispiele von Komponenten, die in Materialien für die Elektroden und die elektrisch leitfähigen Spuren eingeschlossen sein können. Leitfähige Tinte (z.B. leitfähige Silbertinte, die kommerziell als Electrodag® 418 SS von Acheson Colloids Company, 1600 Washington Ave, Port Huron, MI 48060, USA erhältlich ist) kann ebenfalls eingesetzt werden, um Elektroden **314** und elektrisch leitfähige Spuren **316** zu bilden. Die typische Dicke der Elektroden **314** und der leitfähigen Spuren **316** ist beispielsweise 20 µm.

[0034] Für den Fall mehrerer Elektroden kann jede Elektrode unter Verwendung der gleichen leitfähigen Tinte gebildet sein, wie der leitfähigen Tinte, die in der internationalen Patentanmeldung PCT/US97/02165 (veröffentlicht als WO 97/30344 am 21. August 1997) beschrieben wird, oder aus anderen leitfähigen Tinten, die wünschenswerte und verschiedene Eigenschaften für jede der Elektroden bereitstellen.

[0035] Die Laminatschicht **318** kann aus irgendeinem geeigneten Material gebildet sein, das auf dem Fachgebiet bekannt ist, einschließlich, jedoch nicht begrenzt auf Polystyrol, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat und Polyester. Die Herstellung von mikrofluiden analytischen Systemen gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann vereinfacht werden, wenn die Laminatschicht **318** in der Form eines biegsamen und/oder flexiblen Bogens ist. Beispielsweise kann die Laminatschicht **318** ein biegsamer Bogen mit einer Dicke im Bereich von etwa 5 µm bis etwa 500 µm sein. In diesem Zusammenhang ist für eine Laminatdicke von etwa 50 µm gefunden worden, in Bezug auf die leichte Herstellung nützlich zu sein. Die Laminatschicht **318** wird typischerweise dünner sein als das isolierende Substrat **306** und ausreichend dünn sein, daß Wärme leicht

durch die Laminatschicht **318** zum isolierenden Substrat **306** während der Herstellung des Analysemoduls **302** geführt werden kann.

[0036] Ein im wesentlichen flüssigkeits- und/oder luftdichter Mikrokanal kann im mikrofluiden analytischen System **300** erreicht werden, wenn (i) die Laminatschicht **318** mit dem Bereich der oberen Fläche **308** des isolierenden Substrats **306** verschmolzen wird, so daß Mikrokanäle **310** im wesentlichen flüssigkeits- und/oder luftdicht sind, und/oder (ii) Elektroden **314** und/oder elektrisch leitfähige Spuren **316** mit der oberen Fläche **308** des isolierenden Substrats **306** verschmolzen sind, so daß die Mikrokanäle **310** im wesentlichen flüssigkeits- und/oder luftdicht sind. Beispielhafte Verfahren zum Erreichen solcher verschmolzenen Strukturen werden im Detail unten beschrieben.

[0037] [Fig. 6](#) zeigt ein Analysemodul **302** des mikrofluiden analytischen Systems **300**, das mit einer alternativen elektrischen Vorrichtung **304'** verbunden ist, die drei Federkontakte **320'** (einer von diesen ist in [Fig. 6](#) veranschaulicht) und ein Chassis **322'** (siehe [Fig. 6](#)) einschließt.

[0038] [Fig. 6](#) veranschaulicht Federkontakt **320'**, der mit einer zugänglichen exponierten Oberfläche **326** verbunden ist.

[0039] In der Ausführungsform nach [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind elektrisch leitfähige Kontaktblöcke **312** in einer Ausnehmung **328** der oberen Fläche **308** angeordnet. Durch Anordnen der elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke **312** in einer Ausnehmung auf der oberen Fläche des isolierenden Substrats **306** können elektrisch leitfähige Kontaktblöcke **312** leicht mit einer Dicke gebildet werden, die größer ist als die Dicke der Elektrode(n) und der elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke, wodurch eine robuste und sichere Verbindung an eine elektrische Vorrichtung von entweder einer oberen Fläche (wie der zugänglichen exponierten Fläche **324**) oder einer Seitenfläche (z.B. der zugänglichen exponierten Fläche **326**) des elektrisch leitfähigen Kontaktblockes ermöglicht wird. Jedoch zeigt [Fig. 7](#) eine alternative Konfiguration, wobei der elektrisch leitfähige Kontaktblock auf einer im Wesentlichen Planaren oberen Fläche des isolierenden Substrats angeordnet ist. [Fig. 7](#) zeigt ein Analysemodul **700** eines mikrofluiden analytischen Systems gemäß der vorliegenden Erfindung. Das Analysemodul **700** schließt ein isolierendes Substrat **706** mit einer oberen Fläche **708** ein. Die obere Fläche **708** weist darin einen Mikrokanal **710** auf.

[0040] Das Analysemodul **700** weist ebenfalls einen elektrisch leitfähigen Kontaktblock **712** auf, der auf der oberen Fläche des isolierenden Substrats **706** angeordnet ist, eine Elektrode **714**, die über Mikrokanal **710** angeordnet ist, eine elektrisch leitfähige Spur

716, die mit Elektrode **714** und elektrisch leitfähigem Kontaktblock **712** verbunden ist, und eine Laminatschicht **718**. Die Laminatschicht **718** ist über der Elektrode **714**, der elektrisch leitfähigen Spur **716** und einem Bereich der oberen Fläche **708** des isolierenden Substrats **706** angeordnet.

[0041] Sobald man von der vorliegenden Offenbarung Kenntnis hat, wird ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen, daß das Analysemodul der mikrofluiden analytischen System gemäß der vorliegenden Erfindung eine Vielzahl von Mikrokanälen, eine Vielzahl von Elektroden (z.B. eine Vielzahl von Arbeitselektroden und Bezugselektroden), eine Vielzahl von elektrisch leitfähigen Spuren und eine Vielzahl von elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken einschließen kann. Zusätzlich können das isolierende Substrat und die Laminatschicht von irgendeiner geeigneten Form sein. Beispielsweise können das isolierende Substrat und die Laminatschicht der Form nach kreisförmig sein, wobei die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke an der Peripherie eines solchen kreisförmigen isolierenden Substrats angeordnet sind.

[0042] [Fig. 8](#) ist ein Fließschema, das Stufen in einem Verfahren **800** zum Herstellen eines Analysemoduls mit einem zugänglichen, elektrisch leitfähigen Kontaktblock für ein mikrofluides System zeigt. Das Verfahren **800** schließt Bilden eines isolierenden Substrats mit einer oberen Fläche, wenigstens einem Mikrokanal innerhalb der oberen Fläche und wenigstens einem elektrisch leitfähigen Kontaktblock, der auf der oberen Fläche angeordnet ist, ein, wie es in Schritt **810** dargelegt ist. [Fig. 9A](#) zeigt das Ergebnis eines solchen Bildungsschritts, wie es durch isolierendes Substrat **950**, obere Fläche **952** des isolierenden Substrats **950**, Mikrokanal **954** und elektrisch leitfähigen Kontaktblock **956** dargestellt wird.

[0043] Jede geeignete Methode kann verwendet werden, um Schritt **810** durchzuführen. Beispielsweise können Mikrokanäle in der oberen Fläche eines isolierenden Substrats durch die Verwendung von Ätzmethoden, Ablösungsmethoden, Spritzgußmethoden oder Heißprägemethoden gebildet werden. Für den Fall, daß eine Spritzgußmethode eingesetzt wird, können isolierende polymere Materialien, welche dafür bekannt sind, gut in Gießformen unter Bedingungen von erhöhter Temperatur und Druck zu fließen, eingesetzt werden. Beispiele solcher isolierenden polymeren Materialien schließen ein, sind jedoch nicht begrenzt auf Polystyrol, Polycarbonat, Polymethylmethacrylat und Polyester. Ferner können die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke gebildet werden unter Verwendung von beispielsweise Siebdruck von leitfähigen Tinten oder Co-Formen der elektrisch leitfähigen Blöcke während der Bildung des isolierenden Substrats.

[0044] Wie in Schritt **820** von [Fig. 8](#) dargelegt ist,

wird eine Laminatschicht mit wenigstens einer Elektrode und wenigstens einer elektrisch leitfähigen Spur, angeordnet auf einer Bodenfläche der Laminatschicht, hergestellt. [Fig. 9A](#) zeigt ebenfalls das Ergebnis eines solchen Herstellungsschritts, wie es durch Laminatschicht **958**, Elektrode **960** und leitfähige Spur **962** dargestellt wird. Die Elektrode(n) und die elektrisch leitfähige(n) Spur(en) können auf der Laminatschicht beispielsweise durch irgendeine geeignete Druckmethode für leitfähige Tinte, die Fachleuten auf dem Gebiet bekannt ist, gebildet werden.

[0045] Anschließend, bei Schritt **830** von Verfahren **800**, wird die Laminatschicht an dem isolierenden Substrat angeklebt, so daß:

- (i) wenigstens ein Bereich der unteren Fläche der Laminatschicht an wenigstens einem Bereich der oberen Fläche des isolierenden Substrats angeklebt ist;
- (ii) die Elektrode(n) gegenüber wenigstens einem Mikrokanal exponiert ist bzw. sind;
- (iii) jede der elektrisch leitfähigen Spuren elektrisch mit wenigstens einem elektrisch leitfähigen Kontaktblock verbunden ist, und
- (iv) wenigstens eine Oberfläche des elektrisch leitfähigen Kontaktblocks für eine elektrische Verbindung exponiert und zugänglich verbleibt.

[0046] [Fig. 9B](#) zeigt die resultierende Struktur nach Schritt **830**.

[0047] Während Anhaftungsschritt **830** kann die Laminatschicht mit dem Bereich der oberen Fläche des isolierenden Substrats verschmolzen werden, so daß der wenigstens eine Mikrokanal im wesentlichen flüssigkeitsdicht ist und, alternativ, ebenfalls im wesentlichen luftdicht ist. Ein solches Verschmelzen kann erreicht werden durch Beaufschlagung einer ausreichenden Wärme und/oder eines ausreichenden Drucks, um ein lokalisierendes Erweichen und/oder Schmelzen der Laminatschicht und des isolierenden Substrats zu verursachen. Die Beaufschlagung von Wärme und/oder Druck kann beispielsweise über erwärmte Walzen erreicht werden. Es wird postuliert, ohne daran gebunden zu werden, daß ein solches Verschmelzen aufgrund einer physikalischen Adhäsion und nicht aufgrund einer chemischen Bindung vorliegt, und daß das Verschmelzen ein Ergebnis einer Oberflächenbenetzung zwischen den geschmolzenen Zuständen des bzw. der Material(ien) der Laminatschicht und der isolierenden Schicht ist, und des „mechanischen Aufrauhen“ im festen Zustand. Das mechanische Aufrauhen bezieht sich auf die Verbindung der zwei Materialoberflächen über einen Mechanismus, der die physikalische Penetration eines Materials in Hohlräume einschließt, die in dem zweiten Material vorhanden sind oder sich darin entwickeln.

[0048] Um ein Verschmelzen und die Erzeugung ei-

nes flüssigkeitsdichten und/oder luftdichten Mikrokanals zu ermöglichen, müssen die Schmelzeigenschaften der Laminatschicht und des isolierenden Substrats vorbestimmt werden. Beispielsweise kann es für die Oberfläche der Laminatschicht und des isolierenden Substrats vorteilhaft sein, im wesentlichen zur gleichen Zeit während des Anhaftungsschritts geschmolzen zu werden, damit ein ausreichendes Benetzen der Grenzfläche zwischen der Laminatschicht und der isolierenden Schicht auftreten kann, gefolgt von Fließen und Vermischen der geschmolzenen Bereiche der Schichten. Ein anschließendes Kühlen erzeugt eine Laminatschicht, die mit dem Bereich der isolierenden Schicht, über dem die Laminatschicht angeordnet ist, in einer Art und Weise verschmolzen ist, daß ein flüssigkeitsdichter und/oder luftdichter Mikrokanal erzeugt wird.

[0049] Für den Fall, wo sowohl die Laminatschicht als auch die isolierende Schicht aus Polystyrol gebildet sind, kann ein Verschmelzen beispielsweise bei einem Druck von 5 Bar und einer Temperatur von 120°C für 3 Sekunden stattfinden. Um weiter die Erzeugung eines flüssigkeitsdichten und, alternativ, luftdichten Mikrokanals zu verbessern, kann der Anhaftungsschritt ebenfalls so durchgeführt werden, daß die elektrisch leitfähigen Spuren und/oder Elektroden mit der oberen Fläche des isolierenden Substrats verschmolzen werden. In einem solchen Falle wird das Material, aus dem die elektrisch leitfähigen Spuren (und/oder Elektroden) gebildet werden, so vorbestimmt, daß das Material mit den isolierenden Schichten unter den gleichen Bedingungen von Druck, Temperatur und Zeit verschmolzen wird, wie für das Verschmelzen der Laminatschicht und der isolierenden Schicht. Jedoch darf das Material, aus dem die elektrisch leitfähigen Spuren (und/oder Elektroden) gebildet sind, während des Anhaftungsschritts die signifikante Definition nicht verlieren.

[0050] Zusätzlich, um die elektrische Verbindung zwischen den elektrisch leitfähigen Spuren und den elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken zu verbessern, können die elektrisch leitfähigen Spuren und elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke aus Materialien (z.B. Materialien mit einem Überschuß an leitfähigen Pigmenten) gebildet sein, die während des Anhaftungsschritts verschmolzen werden. Eine elektrische Verbindung zwischen den elektrisch leitfähigen Spuren und den elektrisch leitfähigen Kontaktblöcken kann jedoch ebenfalls durch physikalischen mechanischen Kontakt gebildet werden, der während des Anhaftungsschritts hergestellt wird.

[0051] Typische Bedingungen für den Anhaftungsschritt sind beispielsweise eine Temperatur im Bereich von 80°C bis 200°C, ein Druck im Bereich von 0,5 Bar bis etwa 10 Bar und eine Dauer von etwa 0,5 Sekunden bis etwa 5 Sekunden.

BEISPIEL – HERSTELLUNG EINES ANALYSEMODULS

[0052] Eine Ausführungsform einer mikrofluiden analytischen Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wurde hergestellt unter Verwendung eines isolierenden Substrats, gebildet aus einem Polystyrolmaterial (d.h. Polystyrol 144C, kommerziell erhältlich von BASF, Aktiengesellschaft, Geschäftseinheit Polystyrol, D-67056 Ludwigshafen, Deutschland), und einer Laminatschicht, gebildet aus einem anderen Polystyrolmaterial (d.h. Norflex® Film, kommerziell erhältlich von NSW Kunststofftechnik, Norddeutsche Seekabelwerke AG, 26954 Nordenham, Deutschland).

[0053] Elektroden und elektrisch leitfähige Spuren wurden auf die Laminatschicht unter Verwendung einer leitfähigen Tinte gedruckt. Zusätzlich wurden elektrisch leitfähige Kontaktblöcke auf dem isolierenden Substrat unter Verwendung der gleichen leitfähigen Tinte gedruckt. Die verwendete leitfähige Tinte, um die elektrisch leitfähigen Spuren, die elektrisch leitfähigen Kontaktblöcke und die Elektroden zu drucken, wies die folgende Massenprozentzusammensetzung auf:

18,5% mikronisiertes Pulver enthaltend Platin und Kohlenstoff in einem Massenverhältnis von 1:9 (z.B. MCA 20V, platinierter Kohlenstoff, erhältlich von MCA Service, Unit 1A Long Barn, North End, Meldreth, South Cambridgeshire, SG8 6NT, Großbritannien);

19,0% Poly(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-endgekapptes Polymer (z.B. Epikote™ 1055, erhältlich von Resolution Enhanced Products, Resolution Europe BV, Postfach 606, 3190 AN Hoogvliet Rt, Niederlande); und

62,5% Methylcarbitol (Diethylenglycolmonomethylether) Lösungsmittel (erhalten von Dow Benelux B.V., Prins Boudewijnlaan 41, 2650 Edegem, Belgien).

[0054] Die leitfähige Tintenzusammensetzung, die oben detailliert dargelegt ist, ist insbesondere geeignet zur Verwendung mit einer Polystyrolaminatschicht und einem isolierenden Polystyrolsubstrat (wie unten beschrieben). Im allgemeinen kann jedoch die Zusammensetzung variiert werden, während das Massenverhältnis von mikronisiertem Pulver zu Polymer im Bereich von etwa 3:1 bis 1:3 gehalten wird.

[0055] Sobald man von der vorliegenden Offenbarung Kenntnis hat, wird ein Fachmann auf dem Gebiet erkennen, daß der Prozentanteil an Lösungsmittel in der leitfähigen Tinte variiert werden kann, um die verwendete Methode anzupassen, um die leitfähige Tinte auf eine Laminatschicht und/oder ein isolierendes Substrat (z.B. Sprühbeschichten, Heißprä-

gen und flexographisches Drucken) aufzubringen. Ferner kann Methylcarbitol (Diethylenglycolmonomethylether) gegen geeignete Lösungsmittel ausgetauscht werden, einschließlich beispielsweise Alkohole, Methylethylketon, Butylglycol, Benzylacetat, Ethylenglycoldiacetat, Isophoron und aromatische Kohlenwasserstoffe.

[0056] Das isolierende Substrat wurde anschließend an die Laminatschicht unter Bedingungen angewandeter Temperatur und angewendetem Drucks angehaftet, so daß Erweichen und Verschmelzen der Laminatschicht und der isolierenden Schicht stattfanden. Die Temperatur und der Druck wurden auf die Laminatschicht und das isolierende Substrat beaufschlagt, durch Führen der Laminatschicht und des isolierenden Substrats durch erwärmte Walzen mit einer Geschwindigkeit im Bereich von 30 mm/Sekunde bis 3 mm/Sekunde.

[0057] Ferner waren die Temperatur und der Druck ausreichend, um ein Erweichen der leitfähigen Tinte und ein Verschmelzen zwischen der leitfähigen Tinte und dem isolierenden Substrat und ein Verschmelzen zwischen der leitfähigen Tinte und der Laminatschicht zu verursachen. Trotz eines solchen Erweichens und Verschmelzens behielt die leitfähige Tinte ihre leitfähigen Eigenschaften. Daher wird die leitfähige Tinte ebenfalls als eine schmelzbare leitfähige Tinte bezeichnet.

[0058] Temperaturen, die während des Anhaftungsschritts eingesetzt wurden, waren typischerweise innerhalb des Bereichs von 80°C bis 150°C und insbesondere etwa 120°C, und Drücke waren typischerweise zwischen 1 Bar und 10 Bar, und insbesondere etwa 5 Bar.

[0059] Der Anhaftungsschritt erzeugte flüssigkeitsdichte Mikrokanäle mit keinen Zwischenräumen zwischen jeglichen Punkten des physikalischen Kontakts zwischen dem isolierenden Substrat, der Laminatschicht und der leitfähigen Tinte.

[0060] Um ein optimales Verschmelzen zu ermöglichen, ist es wünschenswert, daß der Schmelzpunkt der leitfähigen Tinte innerhalb des Bereichs von +30°C bis -50°C relativ zum Schmelzpunkt der Laminatschicht und des isolierenden Substrats ist. Ferner ist es wünschenswerter, daß der Schmelzbereich der leitfähigen Tinte 0°C bis -30°C relativ zum Schmelzpunkt des Substrats ist, und bevorzugt ist der Schmelzbereich der Tinte zwischen -5°C und -15°C relativ zum Schmelzpunkt des Substrats. In diesem Zusammenhang sollte erwähnt werden, daß der berichtete Schmelzbereich für Epokote 1055 zwischen 79°C und 87°C ist, und daß der Schmelzpunkt des Polystyrols, aus dem die Laminatschicht und das isolierende Substrat gebildet wurden, 90°C ist.

[0061] Um ferner ein Verschmelzen zwischen Komponenten zu ermöglichen, die aus einer leitfähigen Tinte (z.B. Elektroden, elektrische leitfähige Spuren und elektrisch leitfähige Kontaktblöcke) und einem isolierenden Substrat oder einer Laminatschicht gebildet sind, kann es nützlich sein, eine leitfähige Tinte einzusetzen, die Komponenten mit einem Molekulargewicht einschließt, das kleiner ist als das Molekulargewicht eines polymeren Materials, aus dem das isolierende Substrat oder die Laminatschicht gebildet werden können.

[0062] Es sollte verstanden werden, daß verschiedene Alternativen zu den hierin beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung bei der Durchführung der Erfindung eingesetzt werden können. Es ist beabsichtigt, daß die folgenden Ansprüche den Umfang der Erfindung definieren, und daß Strukturen innerhalb des Umfangs dieser Ansprüche und ihrer Äquivalente dadurch abgedeckt werden.

Patentansprüche

1. Schmelzbare, leitfähige Tinte zur Verwendung in der Herstellung eines mikrofluiden, analytischen Systems, wobei die schmelzbare, leitfähige Tinte umfaßt:

mikronisiertes Pulver enthaltend Platin und Kohlenstoff;

Poly(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-endgekapptes Polymer; und

ein Lösungsmittel,

wobei das Verhältnis von mikronisiertem Pulver zu Poly(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-endgekaptem Polymer im Bereich von 3:1 bis 1:3 ist.

2. Schmelzbare Tinte nach Anspruch 1, wobei das mikronisierte Pulver Platin und Kohlenstoff in einem Massenverhältnis von etwa 1:9 enthält.

3. Schmelzbare, leitfähige Tinte nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei das Lösungsmittel Methylcarbitol (Diethylenglycolmonomethylether) ist.

4. Schmelzbare, leitfähige Tinte nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die schmelzbare, leitfähige Tinte eine Massenprozentzusammensetzung wie folgt aufweist:

18,5% mikronisiertes Pulver enthaltend Platin und Kohlenstoff in einem Massenverhältnis von 1:9;

19,0% Poly(bisphenol-A-co-epichlorhydrin)-glycidyl-endgekapptes Polymer; und

62,5% Methylcarbitol (Diethylenglycolmonomethylether) als Lösungsmittel.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

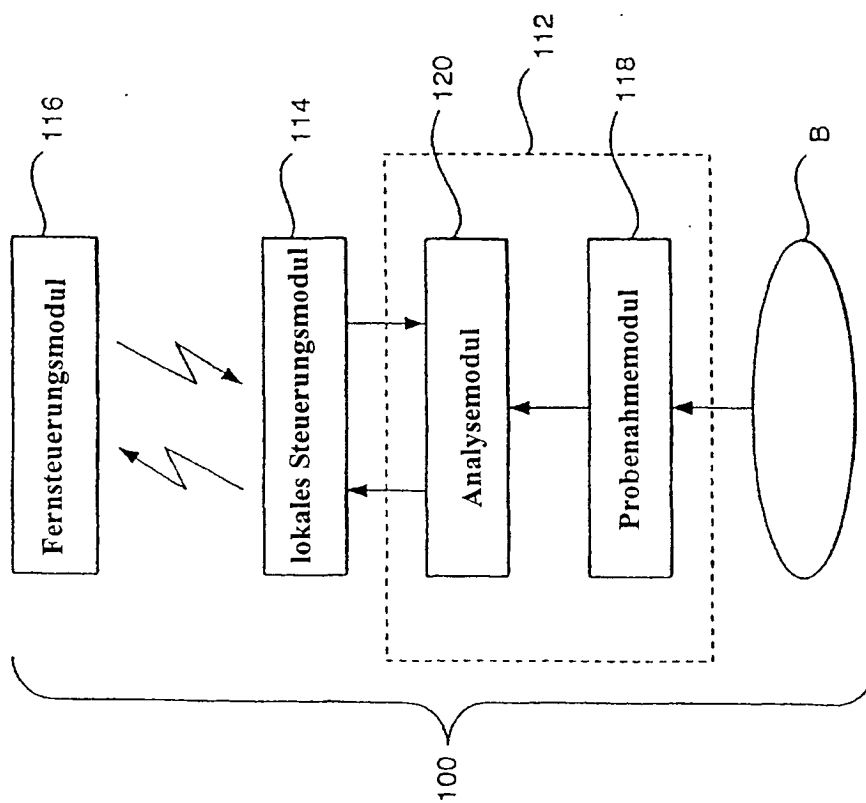


FIG. 1

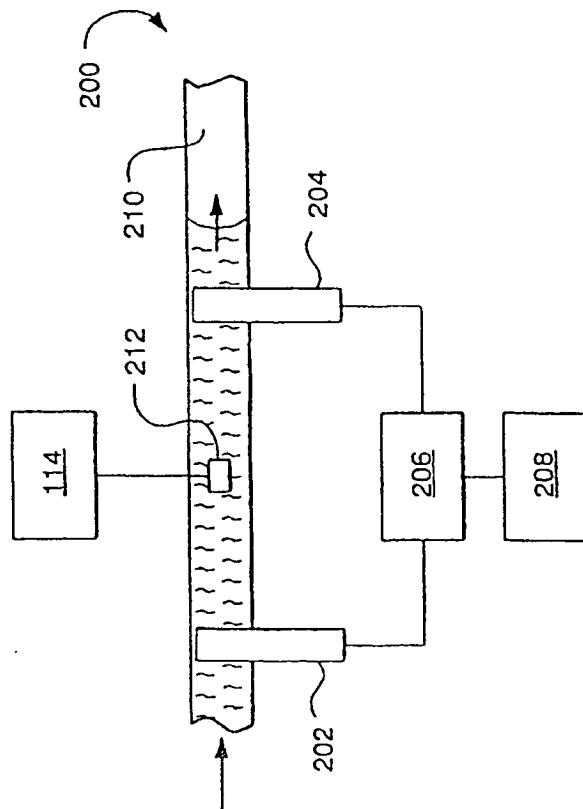


FIG. 2

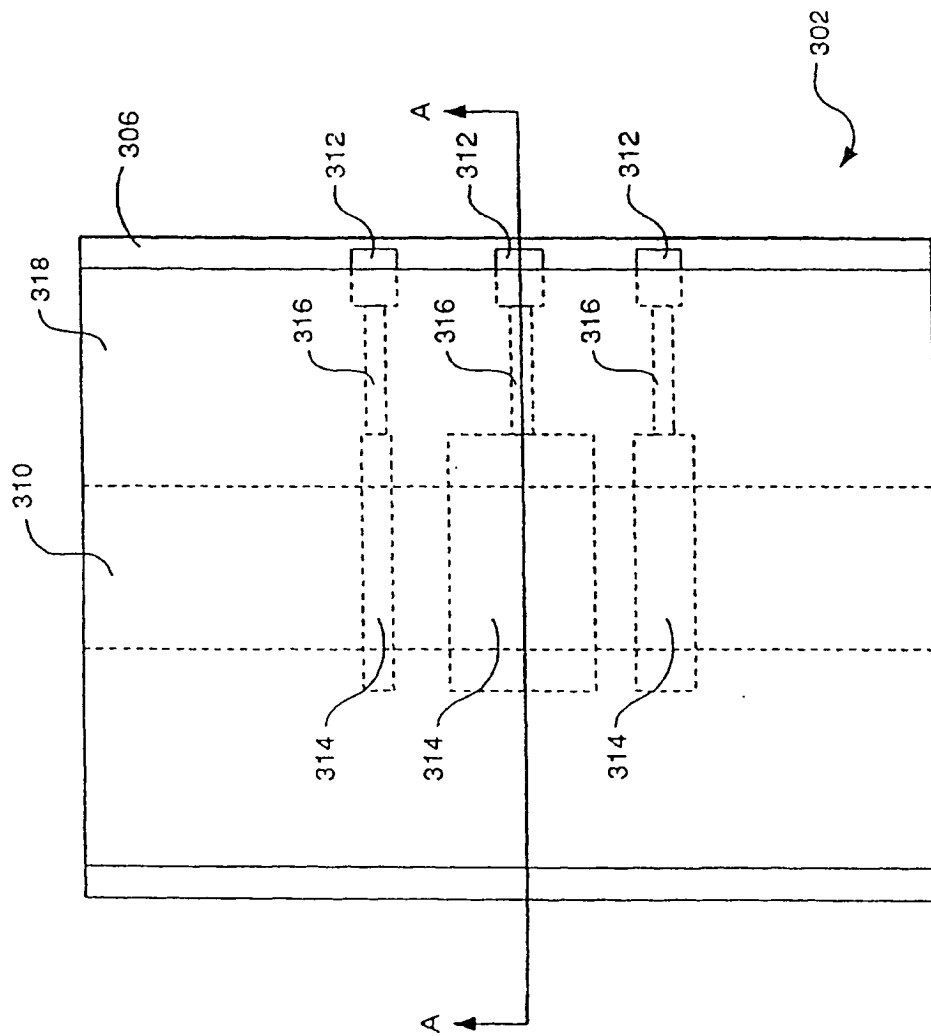


FIG. 3

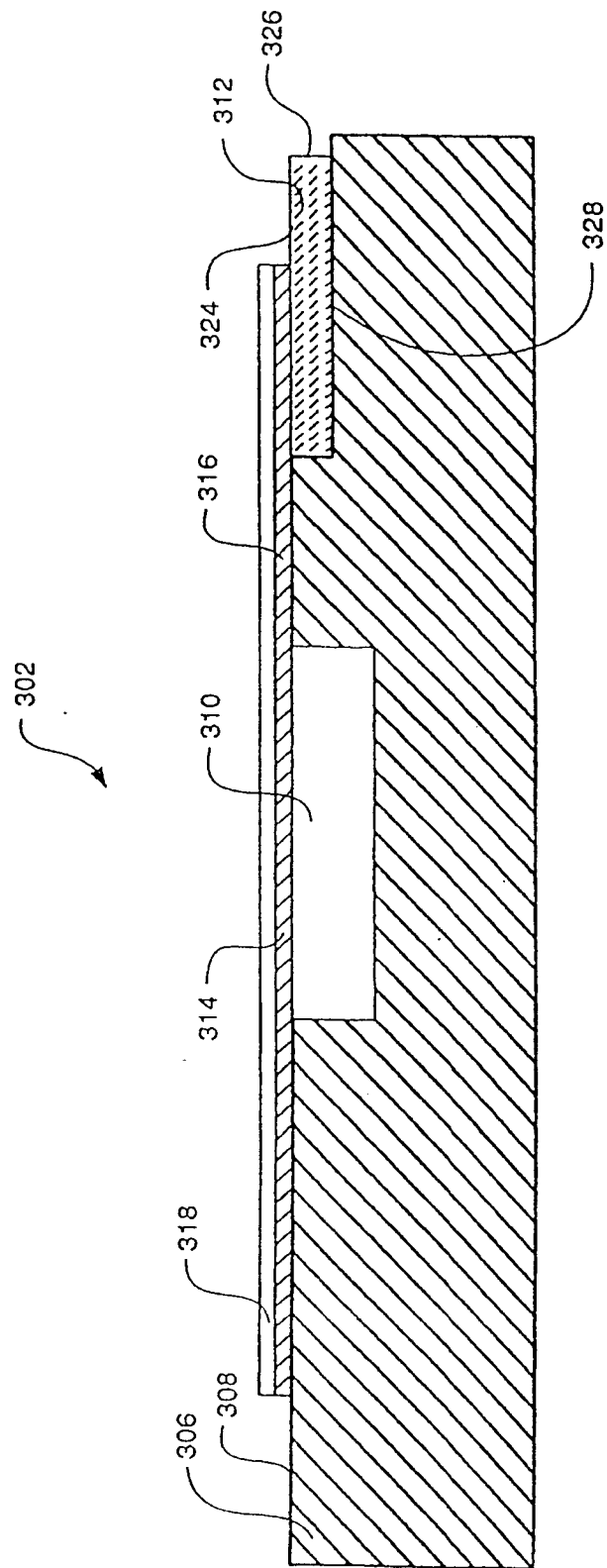


FIG. 4

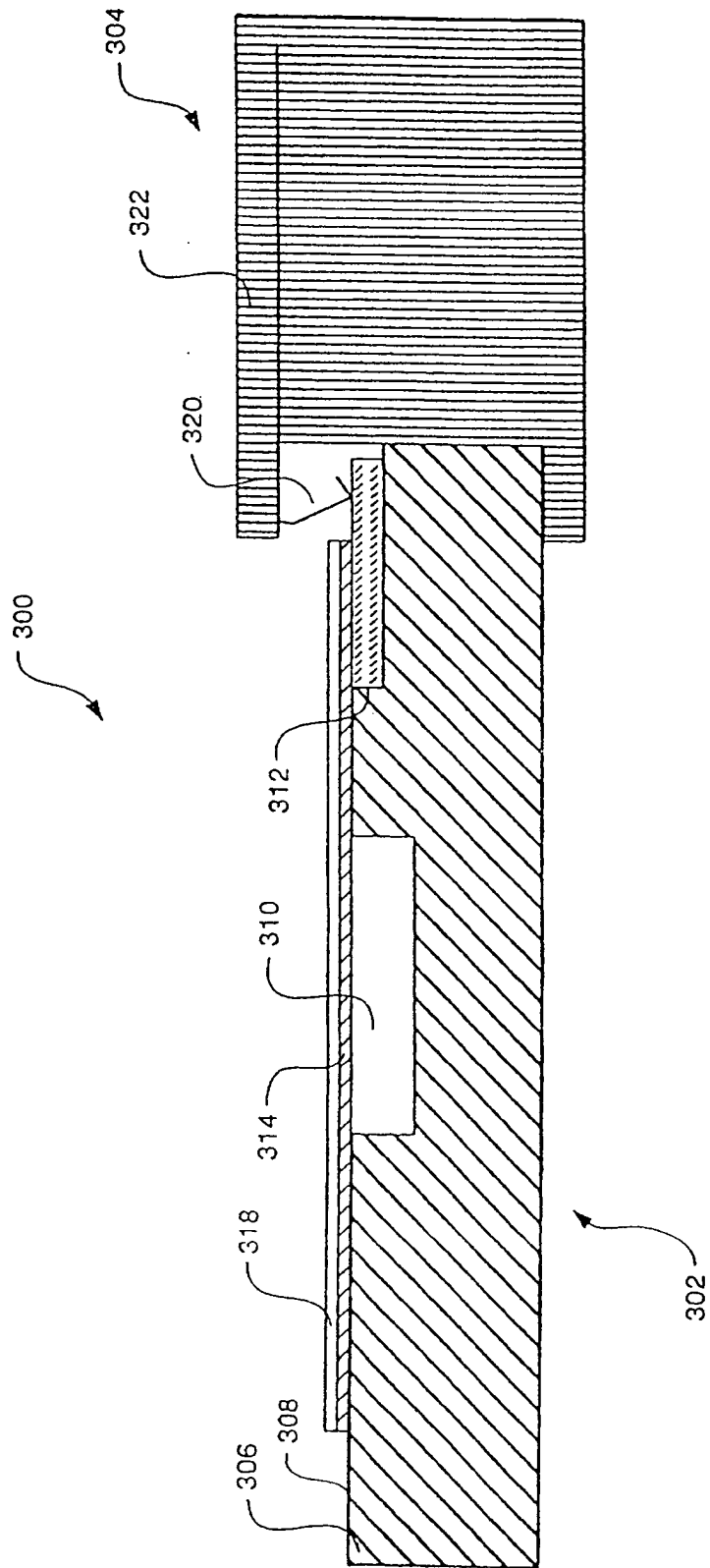


FIG. 5

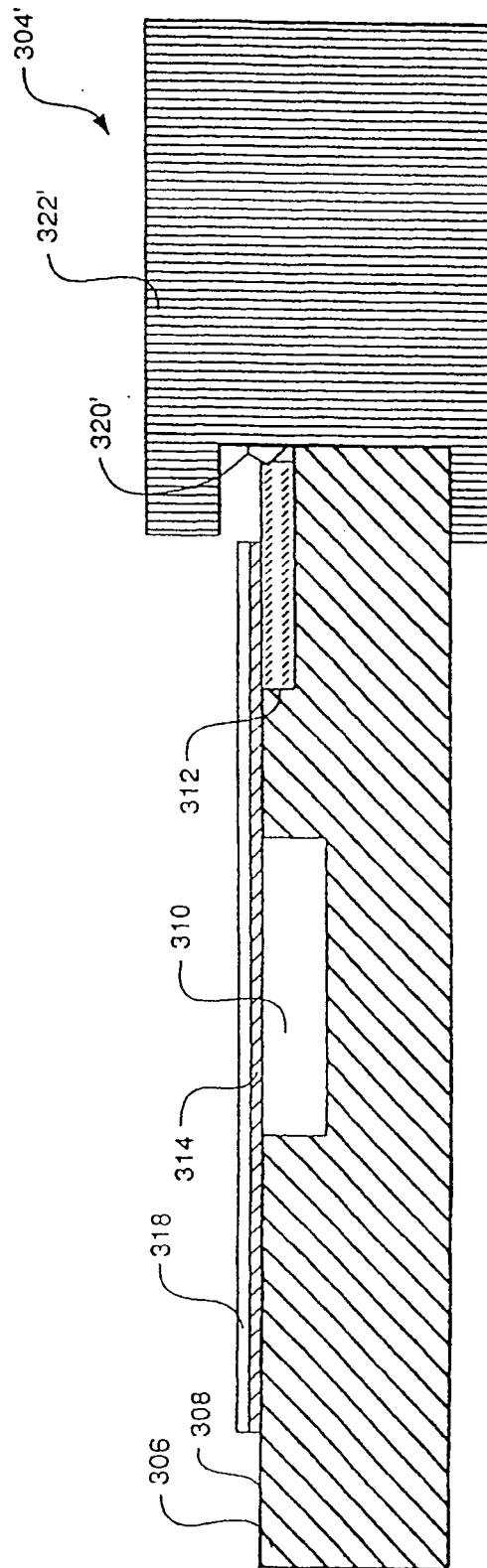


FIG. 6

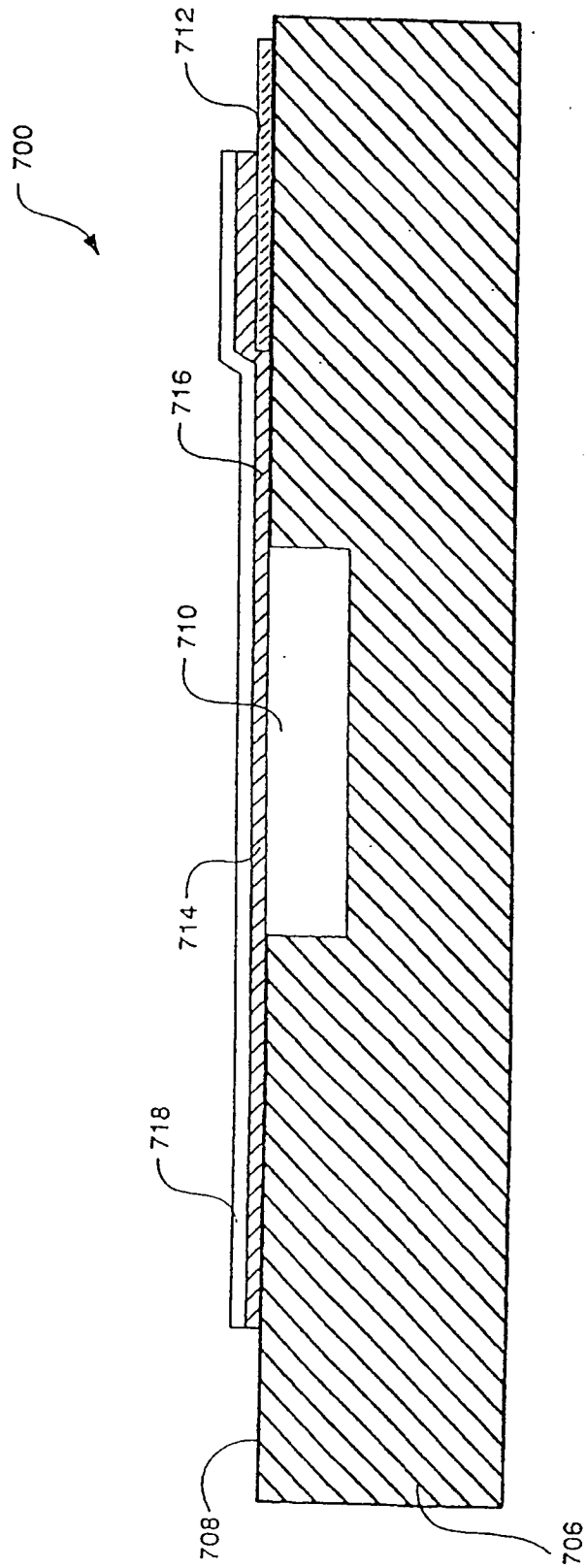


FIG. 7

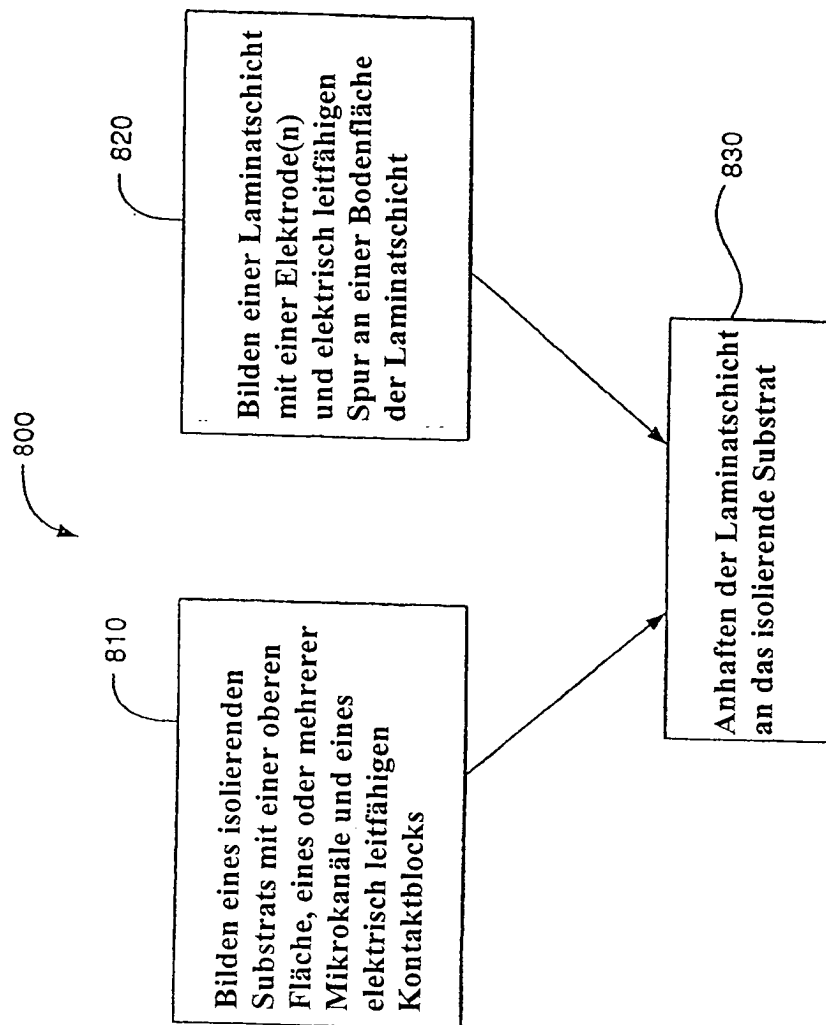


FIG. 8

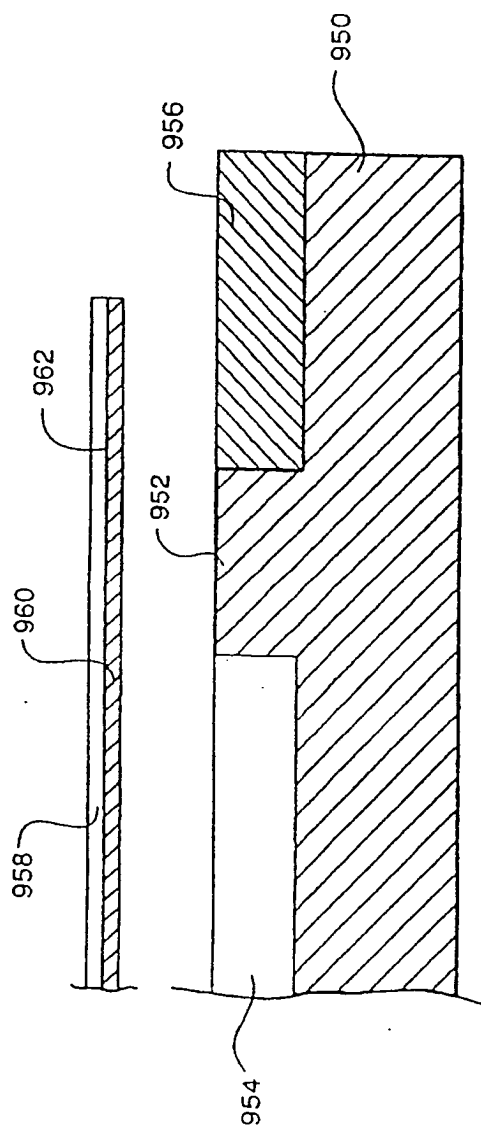


FIG. 9A

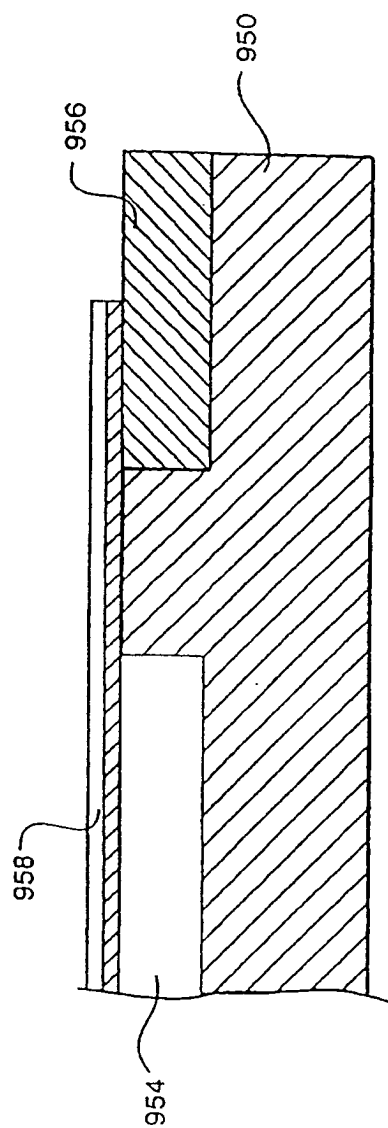


FIG. 9B