

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50065/2012
(22) Anmeldetag: 08.03.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2013

(51) Int. Cl. : **F25B 21/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2005110099 A1

(73) Patentanmelder:
Hirschmanner
8330 Feldbach (AT)
Maierhofer
8641 St. Marein im Mürztal (AT)
Böhm
3830 Waidhofen an der Thaya (AT)

(72) Erfinder:
Hirschmanner Rudolf
Feldbach (AT)
Maierhofer Siegfried
St. Marein im Mürztal (AT)
Böhm Gerald MBA
Waidhofen an der Thaya (AT)

(54) Vorrichtung und Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten, aufweisend zumindest einen gasdichten Arbeitsraum (9) mit einer Kathode (8) und einer Anode (7), wobei bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Kathode (8) und Anode (7) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode (8) und Anode (7) befindliches Arbeitsgas. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode (7) zur Kathode (8) zu ermöglichen. Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zwischen einer Kathode (8) und einer Anode (7) in einem Arbeitsraum (9) mittels eines im Arbeitsraum (9) befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt.

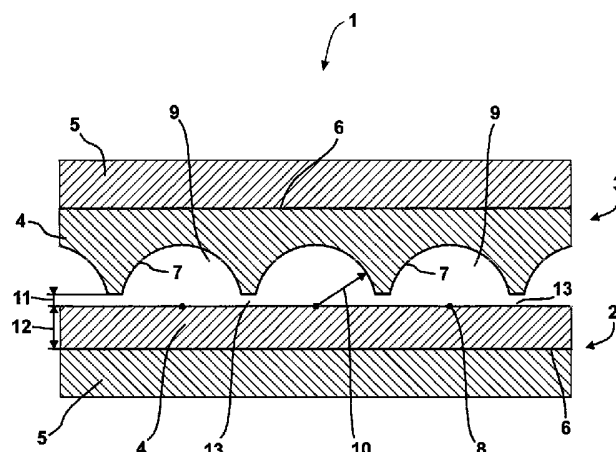


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten, aufweisend zumindest einen gasdichten Arbeitsraum (9) mit einer Kathode (8) und einer
5 Anode (7), wobei bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Kathode (8) und Anode (7) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode (8) und Anode (7) befindliches Arbeitsgas. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 5000 nm
10 ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode (7) zur Kathode (8) zu ermöglichen.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten.

15 Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zwischen einer Kathode (8) und einer Anode (7) in einem Arbeitsraum (9) mittels eines im Arbeitsraum (9) befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt.

Vorrichtung und Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten

- Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bilden eines Temperaturgradienten, aufweisend zumindest einen gasdichten Arbeitsraum mit einer Kathode und einer Anode,
- 5 wobei bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Kathode und Anode im Arbeitsraum ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode und Anode befindliches Arbeitsgas.
- Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung zum Bilden
- 10 eines Temperaturgradienten, wobei die Vorrichtung mit zumindest einem gasdichten Arbeitsraum mit einer Deckplatte mit einer Kathode und einer Grundplatte mit einer Anode sowie einem dazwischen befindlichen Arbeitsgas gebildet wird, sodass bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Anode und Kathode im Arbeitsraum ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist.
- 15 Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zwischen einer Kathode und einer Anode in einem Arbeitsraum mittels eines im Arbeitsraum befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt.
- 20 Eine Vorrichtung zum Bilden eines Temperaturgradienten, die auf der Anwendung eines inhomogenen elektrischen Feldes basiert, ist aus der DE 10 2008 021 086 A1 als elektrostatische Wärmepumpe bekannt. Auch ein Verfahren, mit dem ein Temperaturgradient mittels eines inhomogenen elektrischen Feldes gebildet wird, ist aus
- 25 dem entsprechenden Dokument theoretisch bekannt. Es hat sich allerdings gezeigt, dass bei Anwendung der Lehre des vorstehend genannten Dokumentes ein Temperaturgradient nicht wie theoretisch prognostiziert gebildet werden kann und auch keine Wärme entsprechend der Lehre übertragbar ist.
- 30 Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit der ein Temperaturgradient erzielbar ist und Wärme übertragen werden kann.

Weiter ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem eine Vorrichtung hergestellt werden kann, mit der ein Temperaturgradient auf elektrostatische Weise gebildet werden kann.

- 5 Eine weitere Aufgabe ist es, ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten der eingangs genannten Art anzugeben, das einen Temperaturgradienten zwischen Anode und Kathode ergibt.

- 10 Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art ein Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode zur Kathode zu ermöglichen.

- 15 Da auf die Moleküle oder Atome (im Folgenden sind Moleküle und Atome synonym, da anstelle von Molekülen auch Atome bzw. umgekehrt einsetzbar sind) des Arbeitsgases im inhomogenen elektrischen Feld eine Kraft wirkt, die eine Beschleunigung der Moleküle in Richtung der Kathode bewirkt, erhöht sich eine kinetische (thermische) Energie der Moleküle mit zunehmender Verschiebung in Richtung der Kathode. Bei einem Aufprall an der Kathode geben die Moleküle einen Teil ihrer kinetischen Energie an die Kathode ab, 20 welche dadurch erwärmt wird. Anschließend werden die Moleküle von der Kathode reflektiert und bewegen sich in entgegengesetzter Richtung von der Kathode weg, in Richtung der Anode. Bei einer Bewegung der Moleküle von der Kathode in Richtung der Anode werden die Moleküle durch das elektrische Feld gebremst und verlieren kinetische Energie. Eine Energiedifferenz der Moleküle zwischen Kathode und Anode entspricht 25 jener Energie, die erforderlich ist, um die Moleküle gegen das elektrische Feld um den Abstand zwischen Anode und Kathode zu verschieben. Dadurch kühlen die Moleküle ab, bevor diese an der Anode aufprallen, weswegen bei Kontakt der Moleküle mit der Anode von der Anode thermische Energie an die Moleküle abgegeben wird. Gleichzeitig wird dadurch die Anode gekühlt. Anschließend werden die Moleküle von der Anode in 30 Richtung der Kathode reflektiert, wobei sie am Weg zur Kathode wieder über das elektrische Feld Energie aufnehmen. Die Erfinder haben erkannt, dass nur dann ein Temperaturgradient gebildet werden kann, wenn Moleküle des Arbeitsgases in einem inhomogenen elektrischen Feld zwischen Anode und Kathode aufgrund einer Molekularbewegung pendeln. Daher muss ein Abstand zwischen Anode und Kathode

- derart gering sein, dass die Moleküle wegen der Molekularbewegung zwischen Anode und Kathode pendeln und zwischen Anode und Kathode nur mit wenigen anderen Molekülen interagieren, wobei Energie an andere Moleküle abgegeben oder von diesen aufgenommen werden könnte. Das heißt, die Moleküle des Arbeitsgases interagieren im
- 5 Wesentlichen nur mit Anode und Kathode. Bevorzugt ist ein Gasdruck im Arbeitsraum kleiner als ein Umgebungsdruck, um eine Interaktion zwischen Gasmolekülen reduzieren zu können. Diesbezüglich hat sich ein Gasdruck von weniger als 500 mbar, bevorzugt zwischen 40 mbar und 100 mbar, insbesondere etwa 60 mbar, als vorteilhaft herausgestellt. Bevorzugt wird eine positive elektrische Spannung zwischen Kathode und
- 10 Anode angelegt. Allerdings ist die Funktion auch gegeben, wenn eine Polarität der angelegten Spannung vertauscht ist, da die Moleküle bzw. Atome immer in Richtung der höheren Feldstärke beschleunigt werden. Die zur Beschreibung der Erfindung verwendeten Begriffe Anode und Kathode nehmen daher die Polarität der angelegten Spannung nicht vorweg. Eine Höhe der elektrischen Spannung, also ein
- 15 Potenzialunterschied zwischen Kathode und Anode, ergibt sich aus den Abmessungen des verwendeten Arbeitsraumes sowie den gewünschten Feldstärken. Anode und Kathode bezeichnen jene Flächen bzw. Bereiche des Arbeitsraumes, an denen Elektronen bzw. ein elektrisches Feld von einem Festkörper, beispielsweise einem Metall oder einem Dielektrikum, in den Arbeitsraum ein- oder austreten.
- 20 Es ist von Vorteil, dass ein Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist. Dadurch kann die Interaktion zwischen Molekülen weiter verringert werden.
- 25 Bevorzugt ist ein Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als eine freie Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases. Dies ermöglicht, dass die Bewegung der Moleküle zwischen Kathode und Anode rein aufgrund der Molekularbewegung der Moleküle erzielt wird und Moleküle selbstständig pendeln, um Energie zu übertragen. Eine
- 30 Knudsen-Zahl des Arbeitsraumes, die ein Verhältnis der freien Weglänge des Arbeitsgases zum Abstand zwischen Anode und Kathode angibt, ist dann etwa eins bzw. größer als eins.

Zweckmäßigerweise ist der Abstand zwischen Kathode und Anode kleiner als 2000 nm, bevorzugt kleiner als 1000 nm, insbesondere etwa 500 nm. Dadurch kann ein Effekt zum Bilden eines Temperaturgradienten, wie vorstehend beschrieben, auch bei Gasdrücken erzielt werden, die mit geringem konstruktivem Aufwand des Arbeitsraumes erreichbar
5 sind. Hierzu hat sich insbesondere ein Abstand zwischen 200 nm und 800 nm als besonders vorteilhaft erwiesen.

Mit Vorteil ist der Arbeitsraum durch eine Deckplatte und eine Grundplatte begrenzt, die zumindest teilweise aus einem Dielektrikum bestehen. Da hohe elektrische Feldstärken
10 an den Arbeitsraum angelegt werden, typischerweise zwischen 10^7 V/m und 10^8 V/m, insbesondere etwa 10^8 V/m, an der Anode und an der Kathode zwischen 10^8 V/m und 10^{10} V/m, insbesondere etwa 10^9 V/m, haben sich Dielektrika besonders bewährt.

Um eine Herstellung zu erleichtern, ist es vorteilhaft, dass das Dielektrikum ein Polymer,
15 insbesondere ein Parylen, und/oder einen Fotolack aufweist. Diese Materialien haben sich als besonders günstig herausgestellt, um den Anforderungen sowohl elektrisch als auch mechanisch gerecht zu werden. Besonders der in der Mikrosystemtechnik verwendete Fotolack SU-8, ein Negativ-Resist, hat sich als vorteilhaft erwiesen, um Strukturen der genannten Abmessungen zu bilden.

20 Für die Ausbildung des elektrischen Feldes ist es von Vorteil, dass die Deckplatte an einer Kontaktfläche mit dem Arbeitsraum zumindest teilweise mit einem elektrisch leitfähigen Material, bevorzugt einem Metall, insbesondere Gold, beschichtet ist. Dies hat sich auch bezüglich eines Wärmeüberganges vom Arbeitsraum auf die Deckplatte als günstig
25 erwiesen.

Es kann allerdings auch vorgesehen sein, dass die Deckplatte nicht vergoldet ist, um einen Aufwand in der Fertigung zu sparen. In diesem Fall wird elektrische Spannung über eine im Wesentlichen ebene Metallelektrode, welche in die Deckplatte eingearbeitet ist,
30 zur Anode übertragen. Die Anode ist bei einer derartigen Ausbildung als Dielektrikum ausgeführt, welches die Metallelektrode mit dem Arbeitsraum verbindet. Dies hat insbesondere Vorteile hinsichtlich Fertigungsungenauigkeiten, die zu einem direkten Kontakt zwischen Anode und Kathode führen können. Wird die Anode als Dielektrikum ausgeführt, so führt ein direkter Kontakt zwischen Anode und Kathode zu keinen

unzulässig großen Stromflüssen. Weiter wird eine unerwünschte Verzerrung des elektrischen Feldes vermieden.

- Mit Vorteil weisen die Grundplatte und die Deckplatte jeweils ein Substrat auf, bevorzugt ein Siliciumsubstrat, das über eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode mit dem Dielektrikum verbunden ist. Dieses Material ist insbesondere geeignet, um eine über den Temperaturgradienten übertragene Wärme zu leiten, sodass die Vorrichtung besonders als elektrostatische Wärmepumpe verwendbar ist.
- Es hat sich bewährt, dass die Kathode als eine Drahtelektrode, die insbesondere aus Gold besteht, gebildet ist. Durch eine Kathode, die als Drahtelektrode gebildet ist, sowie eine flächig ausgebildete Anode kann ein inhomogenes elektrisches Feld besonders einfach gebildet werden, welches für den vorstehend beschriebenen Effekt erforderlich ist.
- Bevorzugt weist der zumindest eine Arbeitsraum einen etwa halbkreisförmigen Querschnitt auf. Dadurch kann ein inhomogenes Feld zwischen einer Anode mit einem etwa halbkreisförmigen Querschnitt und einer Kathode, die als Drahtelektrode bevorzugt äquidistant zur Anode angeordnet ist, gebildet werden. Ein derartiges elektrisches Feld eignet sich aufgrund des gleichen Abstandes der Anode zur Kathode besonders, um einen Temperaturgradienten gemäß dem vorstehend beschriebenen Verfahren zu bilden und Wärme zu übertragen.

- Vorteilhaft ist es, wenn der zumindest eine Arbeitsraum halbkugelförmig oder etwa pyramidenförmig ausgebildet ist. Berechnungen und Versuche haben ergeben, dass diese Geometrie aufgrund von Bahnen, auf denen sich die Moleküle bzw. Atome bewegen, ein verbessertes Verfahren ermöglicht. Mit Vorteil führt die Drahtelektrode, welche die Kathode bildet, dann an einer ebenen Begrenzungsfläche des halbkugelförmigen bzw. etwa pyramidenförmigen Arbeitsraumes etwa diagonal über diese Begrenzungsfläche des Arbeitsraumes. Selbstverständlich sind auch weitere geometrische Formen des Arbeitsraumes möglich, wie beispielsweise Kegel- oder Pyramidenstümpfe.

Für eine besonders günstige Gestaltung des elektrischen Feldes ist es von Vorteil, dass ein Querschnitt der Kathode weniger als 3 %, bevorzugt weniger als 1 %, insbesondere

weniger als 0,5 %, eines Querschnittes des Arbeitsraumes beträgt. Dies ermöglicht bei flächiger Ausbildung der Anode und Positionierung der bevorzugt als Drahtelektrode ausgebildeten Kathode äquidistant zur Anode ein inhomogenes Feld, welches den Arbeitsraum vollständig ausfüllt. Dadurch wird der Arbeitsraum besonders effizient
5 genutzt.

Für eine praktische Anwendung der Vorrichtung, bei der ein Wärmestrom von mehreren Watt übertragen wird, hat es sich bewährt, dass mehrere Arbeitsräume nebeneinander angeordnet sind, wobei die einzelnen Arbeitsräume räumlich miteinander durch Stege
10 verbunden sind. Da aufgrund der Abmessungen je Arbeitsraum nur eine geringe Energiemenge übertragbar ist, werden mit Vorteil mehrere Arbeitsräume nebeneinander angeordnet, um auch größere Energiemengen übertragen zu können. Die Stege, die mit Arbeitsgas gefüllte Hohlräume sind, verhindern darüber hinaus, dass eine Temperaturdifferenz zwischen Anode und Kathode zu einem Wärmestrom von der
15 Kathode über die Grundplatte und Deckplatte zur Anode führt. Werden die Arbeitsräume halbkugelförmig oder etwa pyramidenförmig ausgebildet, ist es vorteilhaft, die Arbeitsräume in zwei Ebenen nebeneinander anzuordnen, sodass diese in Form eines Gitters in mehreren Zeilen und Spalten angeordnet sind. Besonders bei pyramidenförmigen Arbeitsräumen ergibt sich so eine hohe Ausnutzung des verfügbaren
20 Raumes in einer Ebene.

Zweckmäßigerweise weisen die nebeneinander angeordneten Arbeitsräume eine gemeinsame Anode auf. Dadurch können Potenzialunterschiede zwischen nebeneinanderliegenden Arbeitsräumen, die zu unerwünschten Stromflüssen führen
25 könnten, vermieden werden. Auch wenn die Anoden der einzelnen Arbeitsräume getrennt gebildet werden, ist es vorteilhaft, wenn die Anoden der einzelnen Arbeitsräume elektrisch miteinander verbunden sind.

Bevorzugt sind die Kathoden der nebeneinander angeordneten Arbeitsräume elektrisch
30 miteinander verbunden. Dies ist einerseits hinsichtlich einer Fertigung vorteilhaft, andererseits wird dadurch ein elektrisches Feld mit einem Gradienten zwischen den Kathoden vermieden, sodass der Temperaturgradient lediglich zwischen Anode und Kathode erzeugt wird. Sofern halbkugelförmig oder etwa pyramidenförmig ausgebildete Arbeitsräume verwendet werden, kann dies besonders einfach dadurch erreicht werden,

dass die Kathoden als Drahtelektroden ausgebildet werden, die etwa diagonal an einer ebenen Fläche durch die einzelnen Arbeitsräume angeordnet werden. Dadurch bildet eine Drahtelektrode die Kathode mehrerer Arbeitsräume auf besonders einfache Weise.

- 5 Um große Temperaturdifferenzen zu erreichen, ist es von Vorteil, dass mehrere Arbeitsräume übereinander in mehreren Lagen seriell angeordnet sind, wobei Wärme zwischen den Lagen übertragbar ist. Dadurch addieren sich Temperaturdifferenzen der einzelnen Lagen und eine Gesamttemperaturdifferenz der gesamten Vorrichtung kann über die Anzahl der Lagen konfiguriert werden. Da mit einer Lage nur eine kleine
- 10 Temperaturdifferenz abhängig von gewählter Feldstärke, verwendetem Arbeitsgas sowie den Abmessungen des Arbeitsraumes erzielbar ist, müssen mehrere Lagen derart übereinandergelegt werden, dass sich die Temperaturdifferenzen addieren. Um Wärme zwischen den einzelnen Lagen zu übertragen, werden die Lagen bevorzugt über ein wärmeleitendes Material, insbesondere ein Siliciumsubstrat, verbunden.
- 15 Bei mehreren übereinander angeordneten Lagen ist es von Vorteil, dass die Kathoden der einzelnen Lagen und die Anoden der einzelnen Lagen jeweils miteinander elektrisch verbunden sind. Dadurch werden zu hohe Gleichspannungen in der Vorrichtung vermieden, die beispielsweise zu einem Überschlag führen könnten.
- 20 Die zweite Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung der eingangs genannten Art die Deckplatte mit einem Abstand von weniger als 5000 nm zur Grundplatte angeordnet wird.
- 25 Wie vorstehend beschrieben wird nur dann der erfindungsgemäße Effekt erzielt und ein Temperaturgradient in einem erfindungsgemäßen Verfahren gebildet, wenn die Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases im Wesentlichen nicht Wärme zu anderen Molekülen des Arbeitsgases übertragen, sondern Wärme von der Anode zu der Kathode transportieren. Mit einem geringen Abstand der Grundplatte zur Deckplatte wird dies ermöglicht, wobei
- 30 bevorzugt ein Druck des Arbeitsgases derart gering ist, dass nur wenig Interaktion zwischen einzelnen Molekülen erfolgen kann. Diesbezüglich hat sich ein Druck der geringer als ein Umgebungsdruck, bevorzugt geringer als 500 mbar ist, besonders bevorzugt zwischen 40 mbar und 100 mbar, insbesondere 60 mbar, als vorteilhaft erwiesen.

- Bevorzugt wird die Deckplatte mit einer in einem Galvanisierungsverfahren hergestellten Prägeform gefertigt. Da die Deckplatte bevorzugt eine Strukturierung mit Abmessungen in einem Nanometerbereich aufweist, sodass das inhomogene elektrische Feld gebildet werden kann, ist eine hochgenaue Fertigungsmethode erforderlich, um entsprechende
- 5 Strukturen herstellen zu können. Diesbezüglich hat sich ein Verfahren als vorteilhaft erwiesen, bei dem eine Prägeform, welche eine Negativform der zu erzeugenden Strukturen aufweist, im Galvanisierungsverfahren hergestellt wird. Mit der hergestellten Prägeform wird anschließend die Deckplatte geprägt, sodass in der Deckplatte die Strukturen gebildet werden. Zum Prägen der Deckplatte mit der Prägeform wird bevorzugt
- 10 ein Heißprägeverfahren verwendet, bei dem die Deckplatte auf Umformtemperatur gebracht wird und anschließend die Prägeform kraft- und/oder weggesteuert in die Deckplatte gepresst wird, wobei diese geprägt wird. Anschließend wird die Deckplatte abgekühlt, bis sie erstarrt ist, und die Prägeform aus der Deckplatte ausgeformt.
- 15 Um ein vorteilhaftes inhomogenes elektrisches Feld zu bilden, weist die Prägeform, die verwendet wird, bevorzugt einen galvanischen Aufbau mit einem etwa halbkreisförmigen Querschnitt auf, wobei ein Radius des etwa halbkreisförmigen Querschnittes kleiner als 5000 nm, bevorzugt, kleiner als 1000 nm, besonders bevorzugt zwischen 100 nm und 800 nm, insbesondere etwa 350 nm, ist. Die Prägeform weist bevorzugt eine auf einer
- 20 Basisplatte aufgebrachte Polymerschicht auf, insbesondere eine Schicht, die aus Parylen oder Fotolack besteht. Um den galvanischen Aufbau zu bilden, wird in einem ersten Schritt an einer Oberfläche der Prägeform, bevorzugt auf der Polymerschicht, zumindest eine Drahtelektrode angeordnet. In einem weiteren Schritt wird an der Drahtelektrode durch Anlegen einer elektrischen Spannung in einem galvanischen Verfahren Metall,
- 25 bevorzugt Gold, abgeschieden. Dadurch wird um die zumindest eine Drahtelektrode ein galvanischer Aufbau gebildet, der von der Drahtelektrode als Mittelpunkt ausgehend den etwa halbkreisförmigen Querschnitt aufweist. Über die Metallmenge, die an der Drahtelektrode abgeschieden wird, kann der Querschnitt des Aufbaus beeinflusst werden, der über das Prägen der Deckplatte Abmessungen des Arbeitsraumes bestimmt.
- 30 Mit Vorteil weist die Prägeform, die verwendet wird, eine Metallisierungsschicht mit einer Metallisierungsschichtdicke von weniger als 1000 nm, bevorzugt weniger als 500 nm, besonders bevorzugt zwischen 50 nm und 300 nm, insbesondere etwa 100 nm, auf. Besonders wenn mehrere Arbeitsräume nebeneinander gefertigt werden, ist es von

- Vorteil, den galvanischen Aufbau vor dem Prägen der Deckplatte noch mit einer vollflächigen Metallisierungsschicht zu versehen. Dadurch werden beim Prägen der Deckplatte Stege zwischen den einzelnen Arbeitsräumen gebildet, die einen Wärmerückfluss von Kathode zu Anode verhindern oder zumindest verringern. Die
- 5 Metallisierungsschicht besteht bevorzugt aus Gold oder Kalium.

Zum Bilden der Grundplatte und der Deckplatte wird bevorzugt auf ein Substrat eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode aufgebracht. Dies hat sich als besonders günstig für das im erfindungsgemäßen Verfahren erforderliche elektrische Feld herausgestellt.

10

- Zweckmäßigerweise wird auf die Flächenelektrode ein Dielektrikum aufgebracht. Aufgrund der hohen elektrischen Feldstärken ist dies vorteilhaft, um die gewünschte Ausbildung des elektrischen Feldes zu erzielen.
- 15 Um eine besonders gute Kontaktierung zu erzielen, wird eine Kontaktfläche zwischen Deckplatte und Arbeitsraum mit einem Metall, insbesondere Gold, beschichtet. Eine dadurch hergestellte flächige Metallisierung der Kontaktfläche bildet dann die Anode, welche als flächige Elektrode ausgebildet ist. Werden mehrere Arbeitsräume nebeneinander angeordnet, sind die Anoden der einzelnen Arbeitsräume über die flächige
- 20 Metallisierung verbunden. Gold weist günstige Eigenschaften hinsichtlich elektrischer Leitfähigkeit, chemischer Beständigkeit sowie Wärmeleitung auf, weswegen es an der Anode bevorzugt Gold eingesetzt wird.

- Es kann jedoch auch vorgesehen sein, die Kontaktfläche zwischen Arbeitsraum und
- 25 Deckplatte, welche die Anode bildet, als Dielektrikum auszuführen. Dies hat Vorteile, falls es aufgrund von Ungenauigkeiten im Zuge der Fertigung zu einem direkten Kontakt zwischen Anode und Kathode kommt. Wird die Anode als Dielektrikum ausgeführt, werden hohe Ströme und Feldverzerrungen bei einem direkten Kontakt vermieden. Auch die Fertigung kann durch diese Maßnahme, bei welcher die Fläche der Anode nicht
- 30 beschichtet wird, vereinfacht werden.

Um eine Vorrichtung zu bilden, die mehrere nebeneinander und übereinander angeordnete Arbeitsräume aufweist, um große Temperaturdifferenzen herstellen zu können, werden mehrere Grundplatten und Deckplatten übereinandergestapelt. Es kann

dabei vorgesehen sein, dass eine Platte an einer Oberseite als Grundplatte und an einer Unterseite als Deckplatte ausgebildet ist, um ein Herstellungsverfahren einfacher zu gestalten und eine Wärmeübertragung von einer Lage zu einer nächsten Lage zu verbessern.

5

Um die Fertigung zu vereinfachen, ist es vorteilhaft, wenn auf eine im Wesentlichen plattenförmige Substratschicht auf zwei Seiten etwa plane Flächenelektroden aufgebracht werden, welche Elektroden von übereinanderliegenden Arbeitsräumen bilden. Als Elektroden werden dabei jene Teile bezeichnet, über die eine elektrische Spannung von außerhalb der Vorrichtung in den Bereich eines Arbeitsraumes geleitet wird. Diese Elektroden müssen jedoch nicht direkt in den Arbeitsraum führen, da das elektrische Feld auch ausgebildet wird, wenn diese in einen an den Arbeitsraum angrenzenden Bereich, beispielsweise in ein Dielektrikum, münden. An diese Elektroden wird im Verfahren bevorzugt die elektrische Spannung angelegt, welche das elektrische Feld erzeugt. Dies vereinfacht die Fertigung und reduziert Kosten in der Herstellung. Die Substratschicht besteht dabei mit Vorteil aus einem Dielektrikum, wodurch hohe Ströme innerhalb der Substratschicht von einer Elektrode einer Lage zur Elektrode der darüberliegenden Lage verhindert wird. Eine Dicke der Substratschicht, welchen einen Abstand zwischen Kathode und Anode definiert, wird dabei abhängig von einem gewünschten Maximalstrom innerhalb der Platte sowie einem Leitwert des gewählten Dielektrikums bestimmt. Typischerweise sind Ströme innerhalb der Substratschicht kleiner als 10^{-5} A, insbesondere kleiner als 10^{-10} A, bevorzugt kleiner als 10^{-15} A. Weil die Substratschicht in dieser Ausführung sowohl eine strukturelle Funktion über ein gasdichtes Abtrennen von übereinanderliegenden Arbeitsräumen als auch eine elektrische Funktion über das Zuführen eines elektrischen Potenzials zu übereinanderliegenden Arbeitsräumen übernimmt, kann die Herstellung besonders kostengünstig erfolgen.

Bevorzugt kann es auch sein, dass die Kathode durch eine in einem Lift-off-Verfahren hergestellte Drahtelektrode gebildet wird. Das Lift-off-Verfahren hat sich bewährt, um Strukturen im Nanometerbereich zu fertigen. Dabei wird in einem ersten Schritt eine Opferschicht, zumeist ein Fotolack, auf ein Substrat abgeschieden. Anschließend wird die Opferschicht mit einem inversen Muster der späteren Struktur strukturiert. Dies erfolgt bevorzugt in einem Heißprägeverfahren oder mittels Fotolithografie. Nach Strukturierung wird Metall, bevorzugt Gold, auf die strukturierte Opferschicht vollflächig abgeschieden,

30

- wobei das Metall im Bereich der Strukturierung auf dem Substrat abgeschieden wird. In einem letzten Schritt wird die Opferschicht nasschemisch entfernt, beispielsweise mit einem Lösungsmittel, wobei das Metall, welches auf eine Oberseite der Opferschicht abgeschieden wurde, abgehoben und gewaschen wird. Es verbleibt somit lediglich
- 5 das Metall in den Bereichen der Strukturierung, wo Metall in direktem Kontakt mit dem Substrat ist. Dadurch können die Drahtelektroden im Nanometerbereich besonders genau und kostengünstig gefertigt werden.

- Die dritte Aufgabe wird dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren zum Bilden eines
- 10 Temperaturgradienten der eingangs genannten Art Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases eine Molekularbewegung ausführen und dabei zwischen Kathode und Anode pendeln, wobei diese Energie an der Anode aufnehmen und an der Kathode abgeben.
- 15 Weil die Moleküle bzw. Atome selbstständig aufgrund der Molekularbewegung zwischen Anode und Kathode pendeln, kann Energie bei Bewegung in Richtung der Kathode durch das elektrische Feld in die Moleküle eingetragen werden, wodurch sich eine kinetische (thermische) Energie der Moleküle erhöht. An der Kathode geben die Moleküle Energie an die Kathode ab, wodurch die Kathode erwärmt wird. Anschließend werden die
- 20 Moleküle in Richtung der Anode reflektiert. Bei anschließender Bewegung in Richtung der Anode sinkt die kinetische (thermische) Energie der Moleküle, da diese entgegen dem elektrischen Feld bewegt werden, wodurch die Moleküle an der Anode Energie aufnehmen können, bevor diese wieder in Richtung der Kathode reflektiert werden. Erst durch ein selbstständiges Pendeln der Moleküle aufgrund der Molekularbewegung wird
- 25 das Verfahren effektiv und führt zur Bildung eines Temperaturgradienten zwischen Anode und Kathode, wodurch Wärme mittels eines elektrostatischen Verfahrens übertragen wird.

- Bevorzugt interagieren Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases im Wesentlichen nur mit der Anode und der Kathode des Arbeitsraumes. Dies verhindert einen unerwünschten
- 30 Wärmetransfer zwischen Molekülen untereinander, wodurch der vorstehend beschriebene Effekt deutlich schwächer auftreten würde, da Moleküle vor Eintreffen an der Kathode bereits abgekühlt sein könnten. Bevorzugt sind die Abmessungen des Arbeitsraumes und die thermodynamischen Zustände des Arbeitsgases derart gewählt, dass ein Molekül am Weg zwischen Anode und Kathode nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit auf ein

anderes Molekül trifft. Dies kann über einen Abstand von Anode zu Kathode im Arbeitsraum und einen Druck des Arbeitsgases besonders leicht beeinflusst werden.

- Mit Vorteil wird ein Arbeitsraum verwendet, der einen Abstand zwischen Anode und Kathode aufweist, der kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist. Mit einer derartigen Ausbildung des Arbeitsraumes kann das Verfahren zum Bilden des Temperaturgradienten besonders günstig realisiert werden, da wenig Interaktion zwischen Molekülen stattfindet.
- 5
- 10 Besonders bevorzugt wird ein Arbeitsraum verwendet, der einen Abstand zwischen Anode und Kathode aufweist, der kleiner als die freie Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist. Dadurch ist eine Bewegung der Moleküle zwischen Anode und Kathode aufgrund der Molekularbewegung gewährleistet. Eine Knudsen-Zahl des Arbeitsraumes, die ein Verhältnis der freien Weglänge des Arbeitsgases zum Abstand
- 15 zwischen Anode und Kathode angibt, ist dann etwa eins bzw. geringfügig größer als eins.

Es hat sich bewährt, dass die Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases von der Anode durch das elektrische Feld in Richtung der Kathode beschleunigt werden. Dadurch wird in die Moleküle Energie eingetragen, welche diese an die Kathode abgeben, um Wärme zu übertragen und den Temperaturgradienten zu bilden.

20

Es ist von Vorteil, dass Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases an der Kathode abgebremst werden, wobei von den Molekülen bzw. Atomen Energie an die Kathode abgegeben wird. Dadurch wird ein Temperaturgradient zwischen Anode und Kathode gebildet, der einen Wärmestrom ermöglicht.

25

Günstig ist es, wenn ein Arbeitsgas verwendet wird, das kein Dipolmoment aufweist. Aufgrund des elektrischen Feldes wird ein dipolmomentfreies Arbeitsgas polarisiert und die Moleküle des Arbeitsgases entsprechend dem elektrischen Feld ausgerichtet und durch das elektrische Feld beschleunigt. Weil das Dipolmoment des Arbeitsgases durch das elektrische Feld induziert ist, bleibt eine Polarisierung der Moleküle auch nach einem Aufprall der Moleküle an Anode oder Kathode erhalten. Im Gegensatz zu einem Arbeitsgas, das ein Dipolmoment aufweist, Eine Ausrichtung der Moleküle, wie bei einem Arbeitsgas mit einem statischen Dipolmoment, entfällt. Bevorzugt wird ein Arbeitsgas

30

eingesetzt, das eine hohe Polarisierbarkeit und eine hohe Masse aufweist, um einen übertragbaren Wärmestrom je Volumen zu maximieren. Diesbezüglich haben sich insbesondere Gase oder in die Gasphase bringbare Moleküle wie Argon, Xenon, C_{60} , $C_{60}F_{60}$, Jod, SF_6 sowie UF_6 bewährt.

5

Zweckmäßigerweise laufen in mehreren übereinanderliegenden Arbeitsräumen entsprechende Verfahren ab, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen einem untersten und einem obersten Arbeitsraum gebildet wird, die größer ist als die mit einem einzelnen Arbeitsraum herstellbare Temperaturdifferenz. Dadurch wird eine größere

10 Temperaturdifferenz gebildet, als dies mit einer einzigen Lage möglich wäre, wodurch Wärmeströme von mehreren Megawatt übertragen werden können.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand des nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiels. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

15

Fig. 1 bis Fig. 5 erfindungsgemäße Vorrichtungen zum Bilden eines Temperaturgradienten;

Fig. 6 eine Prägeform zur Fertigung einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 in einem ersten Fertigungsschritt;

20 Fig. 7 und 8 die Prägeform gemäß Fig. 6 in weiteren Fertigungsschritten.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Bilden eines Temperaturgradienten, wobei eine Grundplatte 2 und eine Deckplatte 3 ersichtlich sind. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel werden die Grundplatte 2 und die Deckplatte 3 aus jeweils einer Substratschicht 5, bevorzugt bestehend aus einem Siliciumsubstrat, gebildet, auf die jeweils eine Flächenelektrode 6 aufgebracht ist. Auf die Flächenelektroden 6 ist jeweils eine Schicht bestehend aus einem Dielektrikum 4 aufgebracht. Die Flächenelektroden 6, die zwischen der Schicht aus dem Dielektrikum 4 und dem Substrat jeweils in Grundplatte 2 und Deckplatte 3 angeordnet sind, bestehen bevorzugt aus Gold, insbesondere um eine Wärme, welche in einem erfindungsgemäßen Verfahren transportiert wird, besonders gut leiten zu können. Wie in Fig. 1 ersichtlich ist, weist die Grundplatte 2 eine im Wesentlichen ebene Oberfläche auf, auf welcher als Drahtelektroden gebildete Kathoden 8 angeordnet sind. Die Deckplatte 3 weist an jener Seite, welche der Grundplatte 2 gegenüberliegt, eine Strukturierung auf. Die Oberfläche

25
30

der strukturierten Seite ist von einer Metallisierung bedeckt, die bevorzugt aus Gold gebildet ist und Anoden 7 bildet. Aufgrund der Strukturierung der Deckplatte 3, der flächigen Ausbildung der Anoden 7 und einer linienförmigen Ausbildung der Kathoden 8 bildet sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den Anoden 7 und den Kathoden 8 ein inhomogenes elektrisches Feld, welches für die Ausbildung eines Temperaturgradienten wesentlich ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Strukturierung der Deckplatte 3 im Querschnitt etwa halbkreisförmig ausgebildet, um einen gleichmäßigen Abstand von der flächigen Anode 7 zur linienförmigen Kathode 8 zu erlauben. Dies ermöglicht ein elektrisches Feld, welches für das Ausbilden eines Temperaturgradienten besonders vorteilhaft ist. Die Vorrichtung 1 weist eine Erstreckung in einer Richtung normal zu einer dargestellten Zeichenebene auf, sodass die Strukturierung in der Deckplatte 3 im Wesentlichen halbzyylinderförmige Oberflächen aufweist. Ein Arbeitsraum 9, der zwischen jeweils einer Kathode 8 und der halbkreisförmigen gegenüber der Kathode 8 liegenden Anode 7 gebildet ist, wird von einem Arbeitsgas ausgefüllt. In Fig. 1 sind drei Arbeitsräume 9 vollständig im Querschnitt abgebildet, wobei die einzelnen Arbeitsräume 9 untereinander durch Stege 13 verbunden sind. Die Stege 13 verhindern einen Wärmefluss von der Kathode 8 zur Anode 7 über die Schicht, die aus einem Dielektrikum 4 gebildet ist. Ein aufgrund der Stege 13 bestehender Minimalabstand 11 zwischen der Grundplatte 2 und der Deckplatte 3 beträgt im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa 100 nm. Als Dielektrikum 4 wird bevorzugt ein Polymer, insbesondere ein Parylen, oder ein Fotolack verwendet, bevorzugt der handelsübliche Fotolack SU-8. Zur genauen Positionierung der Deckplatte 3 und der Grundplatte 2 werden zwischen Grundplatte 2 und Deckplatte 3 nicht abgebildete Abstandshalter angeordnet, welche die Abmessungen des Minimalabstandes 11 zwischen Grundplatte 2 und Deckplatte 3 aufweisen, um den Minimalabstand 11 sicherzustellen. Um mit der Vorrichtung 1 ein Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zu ermöglichen, sind die Abmessungen des Arbeitsraumes 9 sowie der Abstand zwischen Grundplatte 2 und Deckplatte 3 derart zu wählen, dass der Abstand zwischen Kathode 8 und Anode 7 etwa einer freien Weglänge von Molekülen bzw. Atomen des Arbeitsgases entspricht. Dies ist abhängig vom verwendeten Arbeitsgas und einem Druck im Arbeitsraum 9. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel beträgt der minimale Abstand zwischen Kathode 8 und Anode 7 jeweils etwa 500 nm, die Kathode 8 weist einen kreisrunden Querschnitt mit einem Durchmesser von etwa 50 nm auf. Der Minimalabstand 11 zwischen Grundplatte 2 und Deckplatte 3 im Bereich der Stege 13

beträgt etwa 100 nm. Das Dielektrikum 4 der Grundplatte 2 weist eine Dielektrikumdicke 12 von etwa 350 nm auf. Die Anoden 7 der einzelnen Arbeitsräume 9 sind untereinander über die Metallisierung, welche die gesamte strukturierte Oberfläche der Deckplatte 3 bedeckt, im Bereich der Stege 13 elektrisch leitend verbunden. Um

5 Stromflüsse zwischen den einzelnen Kathoden 8 zu unterbinden, sind auch die einzelnen Kathoden 8 untereinander elektrisch verbunden. Da mit einem einzigen Arbeitsraum 9 aufgrund der geringen Abmessungen nur kleine Temperaturdifferenzen und übertragbare Wärmeströme erzielbar sind, werden mehrere Arbeitsräume 9, wie in Fig. 1 angedeutet, nebeneinander angeordnet. Darüber hinaus sind auch mehrere Arbeitsräume 9

10 übereinander positioniert, sodass sich die Temperaturdifferenzen der einzelnen Lagen addieren und auch große Wärmeströme übertragen werden können. Um hohe Potenzialunterschiede zwischen den einzelnen Lagen zu vermeiden, hat es sich bewährt, sämtliche Anoden 7 untereinander sowie die Kathoden 8 untereinander elektrisch zu verbinden. Als Arbeitsgas wird ein dipolmomentfreies Edelgas verwendet. Der

15 Arbeitsraum 9 kann wie Fig. 1 schematisch dargestellt ausgebildet sein. Bevorzugt können scharfe Kanten, insbesondere im Bereich der Stege 13, auch verrundet sein, um Spitzenentladungen zu vermeiden. Es kann allerdings auch bevorzugt vorgesehen sein, die Anoden 7 der Arbeitsräume 9 nicht zu beschichten, sodass die Anoden 7 vom Dielektrikum 4 gebildet werden und keine Metallisierung an den Anoden 7 vorgesehen ist.

20 Dies hat sich als zweckmäßig erwiesen, um bei einem direkten Kontakt zwischen Anode 7 und Kathode 8 und damit Stromflüsse und Feldverzerrungen zu vermeiden. Darüber hinaus wird auch eine Fertigung dadurch vereinfacht. Aufgrund der Abmessungen im Nanometerbereich kann ein direkter Kontakt insbesondere aufgrund von Fertigungsungenauigkeiten nicht ausgeschlossen werden.

25

Fig. 2 und 3 zeigen eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung 1 in Seitenansicht und Draufsicht, die allerdings im Gegensatz zur Vorrichtung 1 gemäß Fig. 1 keine wesentliche Erstreckung in einer Richtung normal zu einer dargestellten Zeichenebene, sondern etwa pyramidenförmige Arbeitsräume 9 aufweist, die wieder über Stege 13 verbunden sind.

30 Dies hat insbesondere den Vorteil, dass Atome bzw. Moleküle nicht in Richtung der Erstreckung abgelenkt werden können und eine Effizienz erhöht wird. Weiter weist die Vorrichtung 1 gemäß Fig. 2 und 3 keine metallisierten Anoden 7 auf, um bei Fertigungsungenauigkeiten, die zu einem Kontakt zwischen Anode 7 und Kathode 8 führen könnten, einen unerwünschten Stromfluss und eine Feldverzerrung zu vermeiden.

Die Anode 7, an welcher Elektronen in den Arbeitsraum 9 je nach Polarisierung der angelegten Spannung ein- oder austreten, wird bei der Vorrichtung 1, welche in Fig. 2 und 3 dargestellt, ist durch das Dielektrikum 4 gebildet. Die Spannung wird an den Flächenelektroden 6 angelegt, die auf der Substratschicht 5 angeordnet sind. In Fig. 3 ist in der Draufsicht erkennbar, dass mehrere Arbeitsräume 9 nebeneinander in mehreren Zeilen und Spalten angeordnet sind, um größere Wärmeströme zu übertragen. Bevorzugt werden mehrere Lagen übereinander angeordnet, wobei es vorteilhaft ist, auf einer etwa plattenförmigen Substratschicht 5 zwei Flächenelektroden 6 aufzubringen, die als Spannungsversorgungen für die unterhalb und oberhalb der Substratschicht 5 angeordneten Arbeitsräume 9 verwendet werden. So können Grundplatte 2, Substratschicht 5 und Deckplatte 3 mit eingearbeiteten Flächenelektroden 6 als ein einziges Element vorgefertigt werden. Zu einer Assemblierung der Vorrichtung 1 sind die vorgefertigten Elemente dann nur noch übereinander zu positionieren. Die Grundplatte 2 eines oberhalb der Grundplatte 2 liegenden Arbeitsraumes 9 ist dann Teil desselben Elementes, welches die Deckplatte 3 eines darunterliegenden Arbeitsraumes 9 bildet. Ein Abstand der Flächenelektroden 6, die auf einer Substratschicht 5 angeordnet sind, wird bevorzugt derart gewählt, dass ein Strom von einer Flächenelektrode 6 durch die Substratschicht 5 auf die zweite auf der Substratschicht 5 angeordnete Flächenelektrode 6 weniger als 10^{-5} A, bevorzugt 10^{-10} A, insbesondere 10^{-15} A beträgt. Dieser Strom ist neben dem Abstand abhängig vom Leitwert des Materials der Substratschicht 5 sowie der gewählten Spannung zwischen Anode 7 und Kathode 8. Die Vorrichtung 1 gemäß Fig. 2 und 3 weist im Wesentlichen ähnliche Hauptabmessungen wie die in Fig. 1 gezeigte Vorrichtung 1 auf, wobei der Arbeitsraum 9 eine maximale Höhe von etwa 450 nm aufweist. Ein Elektrodenabstand 21 der Flächenelektrode 6, die oberhalb der Anode 7 angeordnet ist, zu den Kathoden 8 beträgt etwa 800 nm, sodass ein Abstand von zwei Flächenelektroden 6 eines Arbeitsraumes 9 etwa 1150 nm beträgt. Ein Abstand von einer Drahtelektrode 15 zu einer bevorzugt parallel danebenliegenden weiteren Drahtelektrode beträgt etwa 1100 nm. Zwischen den Arbeitsräumen 9 sind wieder Stege 13 vorgesehen, die einen Minimalabstand 11 von etwa 100 nm sicherstellen.

Fig. 4 und 5 zeigen eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung 1 in Seitenansicht und Draufsicht, die sich von der in Fig. 2 und 3 abgebildeten Vorrichtung 1 nur dadurch unterscheidet, dass der Arbeitsraum 9 nicht als vollständige Pyramide, sondern als

Pyramidenstumpf ausgeführt ist. Die wesentlichen Abmessungen sind analog zu den Vorrichtungen 1 gemäß Fig. 1 bis 3 ausgeführt. Eine maximale Höhe des pyramidenstumpfförmigen Arbeitsraumes beträgt etwa 550 nm.

- 5 Fig. 6 zeigt eine Prägeform 14, die zur Fertigung der Deckplatte 3 aus Fig. 1 verwendet wird, in einem ersten Fertigungsschritt. Die Prägeform 14 besteht in einem Verfahrensschritt gemäß Fig. 6 aus einer Basisplatte 17, welche ähnlich der Grundplatte 2 gemäß Fig. 1 aus einem Substrat und einem Dielektrikum 4 gebildet ist. Als Substrat wird bevorzugt ein Siliciumsubstrat verwendet; als Dielektrikum 4 wird bevorzugt ein Polymer, insbesondere Parylen, oder ein Fotolack, insbesondere der Fotolack SU-8, verwendet. An
10 der Oberfläche des Dielektrikums 4 der Prägeform 14, die im Wesentlichen eben ausgebildet ist, werden Drahtelektroden 15 angeordnet, die im Wesentlichen einen kreisrunden Querschnitt aufweisen. Die Drahtelektroden 15 werden bevorzugt in einem Lift-off-Verfahren gebildet, wobei scharfe Kanten durch Tempem verrundet werden. Es
15 hat sich dabei als vorteilhaft erwiesen, einen auf einer Elektronenstrahl-Lithografie basierenden Lift-off-Prozess einzusetzen, wobei bevorzugt Gold als Drahtmaterial eingesetzt wird. Als Substratmaterial für das Lift-off-Verfahren wird vorzugsweise Parylen auf Silicium eingesetzt. Um die Kanten der beim Lift-off-Verfahren hergestellten Drahtelektroden 15, die eine Breite von weniger als 100 nm und Drahtabstände von etwa
20 1 µm aufweisen, zu verrunden, wird die Drahtelektrode 15 nach dem Lift-off-Verfahren getempert. In diesem Verfahrensschritt werden bei etwa 50 °C bis 500 °C, bevorzugt 100 °C bis 300 °C, die Oberflächenrauigkeit sowie die Drahtform optimiert. Die Prägeform 14 weist bevorzugt die gleiche Ausdehnung in einer Richtung normal zur dargestellten Schnittebene wie die Vorrichtung 1 gemäß Fig. 1 auf, um die Fertigung
25 einfach gestalten zu können. Um in das Dielektrikum 4 der Deckplatte 3 die in Fig. 1 dargestellte Struktur, die im Wesentlichen halbzyylinderförmige Vertiefungen in der Deckplatte 3 aufweist, zu fertigen, wird die Deckplatte 3 erwärmt, bis das Dielektrikum 4 in einen verformbaren Zustand übergegangen ist. Anschließend wird eine Negativform der Strukturierung in das Dielektrikum 4 gepresst, sodass im Dielektrikum 4 die gewünschte
30 Strukturierung gebildet wird. Die Negativform oder Prägeform 14 wird dadurch gebildet, dass wie in Fig. 7 dargestellt auf die Prägeform 14 gemäß Fig. 6 in einem weiteren Verfahrensschritt ein galvanischer Aufbau 18 aufgebracht wird, der je Arbeitsraum 9 einen im Wesentlichen halbkreisförmigen Querschnitt aufweist. Dazu wird an den Drahtelektroden 15 Metall in einem Galvanisierungsverfahren abgeschieden, wobei sich

um jede Drahtelektrode 15 ein galvanischer Aufbau 18 bildet, der einen halbkreisförmigen Querschnitt aufweist. Zum Bilden der Deckplatte 3 aus Fig. 1, die einen Arbeitsraumradius 10 von etwa 500 nm aufweist, wird an der Drahtelektrode 15 Metall abgeschieden, bis der galvanische Aufbau 18 einen Aufbauradius 16 von etwa 350 nm aufweist. Wird, wie im Ausführungsbeispiel dargestellt, ein Arbeitsraum 9 mit etwa kreisrundem Querschnitt verwendet, so entspricht der Arbeitsraumradius 10 dem minimalen Abstand zwischen Anode 7 und Kathode 8. Um die Stege 13 zu prägen, welche die einzelnen Arbeitsräume 9 untereinander verbinden und einen Minimalabstand 11 zwischen Grundplatte 2 und Deckplatte 3 ermöglichen, wird auf den galvanischen Aufbau 18 eine Metallisierungsschicht 19 aufgebracht.

Fig. 8 zeigt die Prägeform 14 aus Fig. 7, wobei in einem weiteren Verfahrensschritt auf den galvanischen Aufbau 18 eine vollflächige Metallisierungsschicht 19 mit einer Metallisierungsschichtdicke 20 von etwa 100 nm aufgebracht ist. Die vollflächige Metallisierung besteht bevorzugt aus Gold oder Kalium. Diese Metalle haben sich besonders bewährt, um die gewünschte Struktur in die Deckplatte 3 zu prägen. Die Vorrichtungen 1 gemäß Fig. 2 bis 4 werden in analoger Weise mit adaptierten Prägeformen 14 gefertigt, wobei das Aufbringen einer Metallisierung auf die Anode 7 wie vorstehend ausgeführt nicht zwingend ist.

20

Um mit der Vorrichtung 1 aus Fig. 1 einen Temperaturgradienten zu bilden und Wärme zu übertragen, wird an Anode 7 und Kathode 8 oder an den Flächenelektroden 6 eine elektrische Spannung angelegt, sodass im Arbeitsraum 9 ein inhomogenes elektrisches Feld entsteht. Das elektrische Feld weist dabei an der Anode eine Feldstärke von etwa 10^8 V/m und an der Kathode eine Feldstärke von etwa 10^9 V/m auf. Aufgrund des elektrischen Feldes werden Moleküle des bevorzugt dipolmomentfreien Arbeitsgases polarisiert und in Richtung der Kathode 8 beschleunigt. Da der minimale Abstand zwischen Anode 7 und Kathode 8, der Arbeitsraumradius 10, etwa einer freien Weglänge der Moleküle des Arbeitsgases entspricht, pendeln die Moleküle des Arbeitsgases ständig zwischen Anode 7 und Kathode 8. Ein Druck im Arbeitsraum ist üblicherweise kleiner als ein Umgebungsdruck, bevorzugt kleiner als 500 mbar, besonders bevorzugt zwischen 40 mbar und 100 mbar, insbesondere etwa 60 mbar. Aufgrund einer Beschleunigung, welche die Moleküle bei einer Bewegung von Anode 7 zu Kathode 8 erfahren, erhöht sich eine kinetische und damit thermische Energie der Moleküle. Bei Auftreffen der Moleküle auf

30

der Kathode 8 geben die Moleküle Wärme an die Kathode 8 ab, wodurch es zu einem Erwärmen der Kathode 8 kommt. Anschließend werden die Moleküle von der Kathode 8 reflektiert und bewegen sich in Richtung der Anode 7. Bei Bewegung in dieser Richtung nimmt die kinetische und thermische Energie der Moleküle ab, da sie entgegen dem elektrischen Feld bewegt werden. Dadurch sind die Moleküle abgekühlt, bis sie an der Anode 7 eintreffen und nehmen bei einem Aufprall an der Anode 7 Energie von der Anode 7 in Form von Wärme auf. Anschließend werden die Moleküle wieder in Richtung der Kathode 8 reflektiert. Bevorzugt wird ein dipolmomentfreies Arbeitsgas, insbesondere ein Edelgas, verwendet. Es ist allerdings auch möglich, ein Arbeitsgas zu verwenden, das ein Dipolmoment aufweist. Moleküle eines derartigen Arbeitsgases werden durch das elektrische Feld in Richtung des elektrischen Feldes ausgerichtet.

Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, einen Temperaturgradienten mittels eines elektrostatischen Feldes zu bilden. Beispielsweise kann mit einer Vorrichtung wie in Fig. 1 schematisch dargestellt eine Temperaturdifferenz von etwa 1,5 K bis 3,5 K erzielt werden. Dadurch kann auf mechanisch bewegte Teile, welche in herkömmlichen Geräten zum Bilden eines Temperaturgradienten verwendet werden, verzichtet werden, wodurch Verschleißerscheinungen und Geräusche vermieden werden. Durch eine Anordnung von mehreren Lagen übereinander lässt sich die erzielbare Temperaturdifferenz steigern. Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 können bei entsprechender Anordnung von mehreren Arbeitsräumen 9 neben- und übereinander auch große Temperaturdifferenzen erzeugt und Wärmeströme von mehreren Megawatt übertragen werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bilden eines Temperaturgradienten, aufweisend zumindest einen gasdichten Arbeitsraum (9) mit einer Kathode (8) und einer Anode (7), wobei bei Anlegen
5 einer elektrischen Spannung zwischen Kathode (8) und Anode (7) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode (8) und Anode (7) befindliches Arbeitsgas, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der Anode (7) zur Kathode (8) zu ermöglichen.
10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.
- 15 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als eine freie Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der
20 Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 2000 nm, bevorzugt kleiner als 1000 nm, insbesondere etwa 500 nm, ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsraum (9) durch eine Deckplatte (3) und eine Grundplatte (2) begrenzt ist, die
25 zumindest teilweise aus einem Dielektrikum (4) bestehen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Dielektrikum (4) ein Polymer, insbesondere ein Parylen, und/oder einen Fotolack aufweist.
- 30 7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundplatte (2) und die Deckplatte (3) jeweils ein Substrat aufweisen, bevorzugt ein Siliciumsubstrat, das über eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode (6) mit dem Dielektrikum (4) verbunden ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (8) als eine Drahtelektrode (15), die insbesondere aus Gold besteht, gebildet ist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der
5 zumindest eine Arbeitsraum (9) einen etwa halbkreisförmigen Querschnitt aufweist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der
zumindest eine Arbeitsraum (9) halbkugelförmig oder etwa pyramidenförmig ausgebildet
ist.
- 10 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass
ein Querschnitt der Kathode (8) weniger als 3 %, bevorzugt weniger als 1 %,
insbesondere weniger als 0,5 %, eines Querschnittes des Arbeitsraumes (9) beträgt.
- 15 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Arbeitsräume (9) nebeneinander angeordnet sind, wobei die einzelnen
Arbeitsräume (9) räumlich miteinander durch Stege (13) verbunden sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die nebeneinander
20 angeordneten Arbeitsräume (9) eine gemeinsame Anode (7) aufweisen.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die
Kathoden (8) der nebeneinander angeordneten Arbeitsräume (9) elektrisch miteinander
verbunden sind.
- 25 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Arbeitsräume (9) übereinander in mehreren Lagen seriell angeordnet sind, wobei
Wärme zwischen den Lagen übertragbar ist.
- 30 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathoden (8)
der einzelnen Lagen und die Anoden (7) der einzelnen Lagen jeweils miteinander
elektrisch verbunden sind.

17. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten, wobei die Vorrichtung (1) mit zumindest einem gasdichten Arbeitsraum (9) mit einer Deckplatte (3) mit einer Kathode (8) und einer Grundplatte (2) mit einer Anode (7) sowie einem dazwischen befindlichen Arbeitsgas gebildet wird,
- 5 sodass bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Anode (7) und Kathode (8) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (3) mit einem Abstand von weniger als 5000 nm zur Grundplatte (2) angeordnet wird.
- 10 18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (3) mit einer in einem Galvanisierungsverfahren hergestellten Prägeform (14) gefertigt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Prägeform (14), die verwendet wird, einen galvanischen Aufbau (18) mit einem etwa halbkreisförmigen
- 15 Querschnitt aufweist, wobei ein Radius des etwa halbkreisförmigen Querschnitts kleiner als 5000 nm, bevorzugt, kleiner als 1000 nm, besonders bevorzugt zwischen 100 nm und 800 nm, insbesondere etwa 350 nm, ist.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 20 Prägeform (14), die verwendet wird, eine Metallisierungsschicht (19) mit einer Metallisierungsschichtdicke (20) von weniger als 1000 nm, bevorzugt weniger als 500 nm, besonders bevorzugt zwischen 50 nm und 300 nm, insbesondere etwa 100 nm, aufweist.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 zum Bilden der Grundplatte (2) und der Deckplatte (3) auf ein Substrat eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode (6) aufgebracht wird.
22. Verfahren nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Flächenelektrode (6) ein Dielektrikum (4) aufgebracht wird.
- 30 23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine im Wesentlichen plattenförmige Substratschicht (5) auf zwei Seiten etwa plane Flächenelektroden (6) aufgebracht werden, welche Elektroden von übereinanderliegenden Arbeitsräumen (9) bilden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (8) durch eine in einem Lift-off-Verfahren hergestellte Drahtelektrode (15) gebildet wird.

5

25. Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zwischen einer Kathode (8) und einer Anode (7) in einem Arbeitsraum (9) mittels eines im Arbeitsraum (9) befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt, dadurch gekennzeichnet, dass Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases eine Molekularbewegung ausführen und dabei zwischen Kathode (8) und Anode (7) pendeln, wobei diese an der Anode (7) Energie aufnehmen und an der Kathode (8) abgeben.

10

26. Verfahren nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases im Wesentlichen nur mit der Anode (7) und der Kathode (8) des Arbeitsraumes (9) interagieren.

15

27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitsraum (9) verwendet wird, der einen Abstand zwischen Anode (7) und Kathode (8) aufweist, der kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.

20

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitsraum (9) verwendet wird, der einen Abstand zwischen Anode (7) und Kathode (8) aufweist, der kleiner als die freie Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.

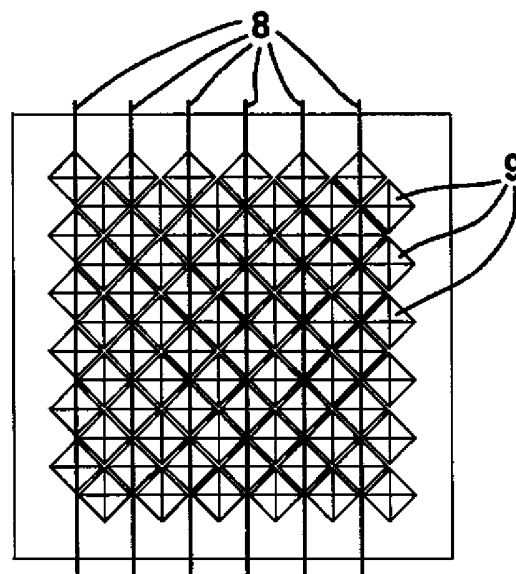
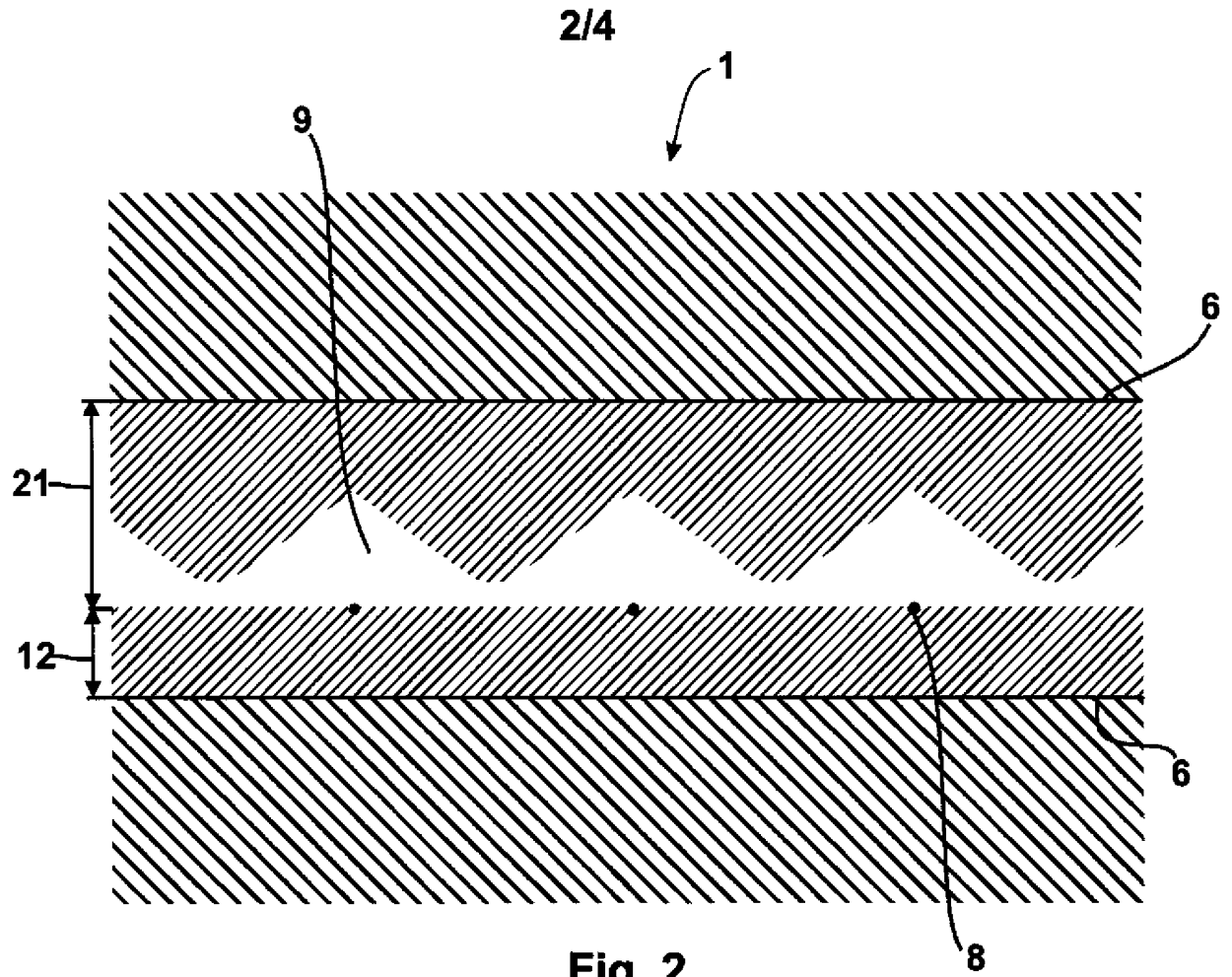
25

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases von der Anode (7) durch das elektrische Feld in Richtung der Kathode (8) beschleunigt werden.

30

30. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases an der Kathode (8) abgebremst werden, wobei von den Molekülen bzw. Atomen Energie an die Kathode (8) abgegeben wird.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitgas verwendet wird, das kein Dipolmoment aufweist.
32. Verfahren nach einem der Ansprüche 25 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass in
5 mehreren übereinanderliegenden Arbeitsräumen (9) entsprechende Verfahren ablaufen, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen einem untersten und einem obersten Arbeitsraum (9) gebildet wird, die größer ist, als die mit einem einzelnen Arbeitsraum (9) herstellbare Temperaturdifferenz.



3/4

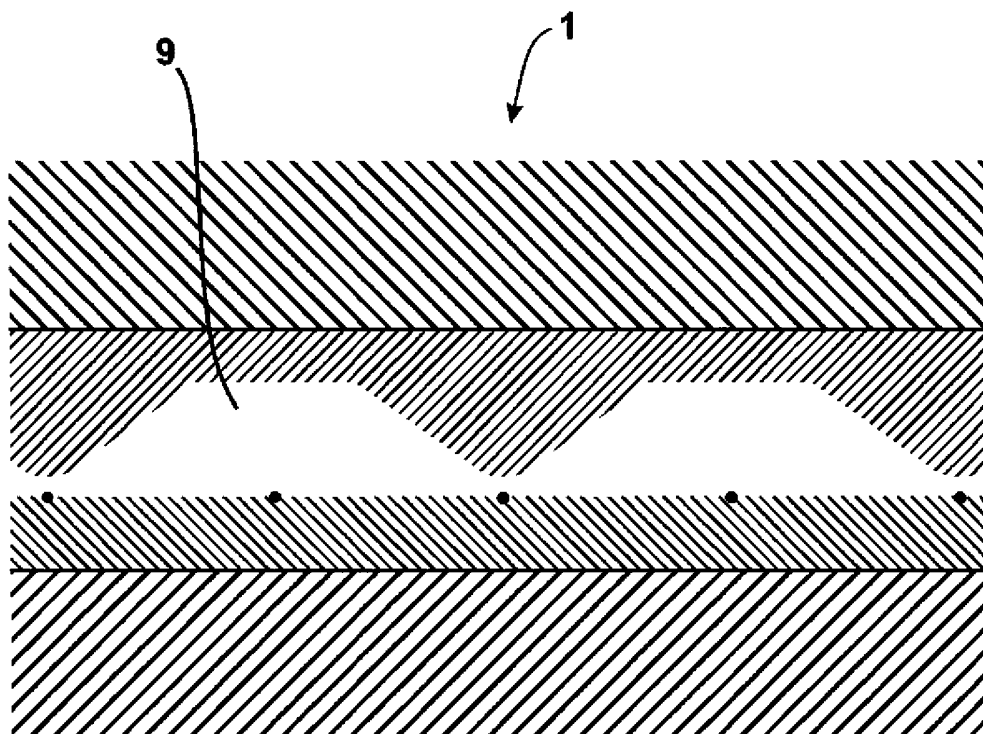


Fig. 4

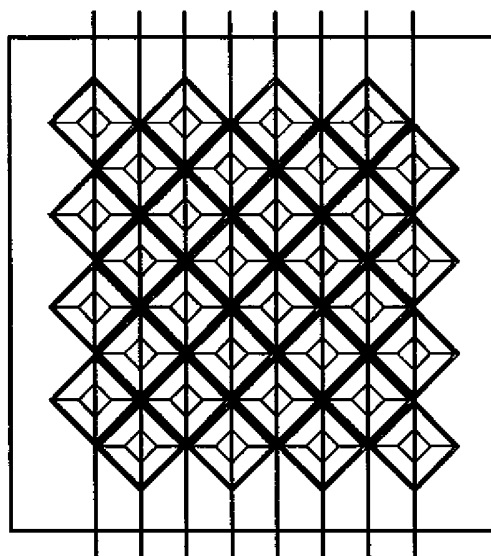


Fig. 5

4/4

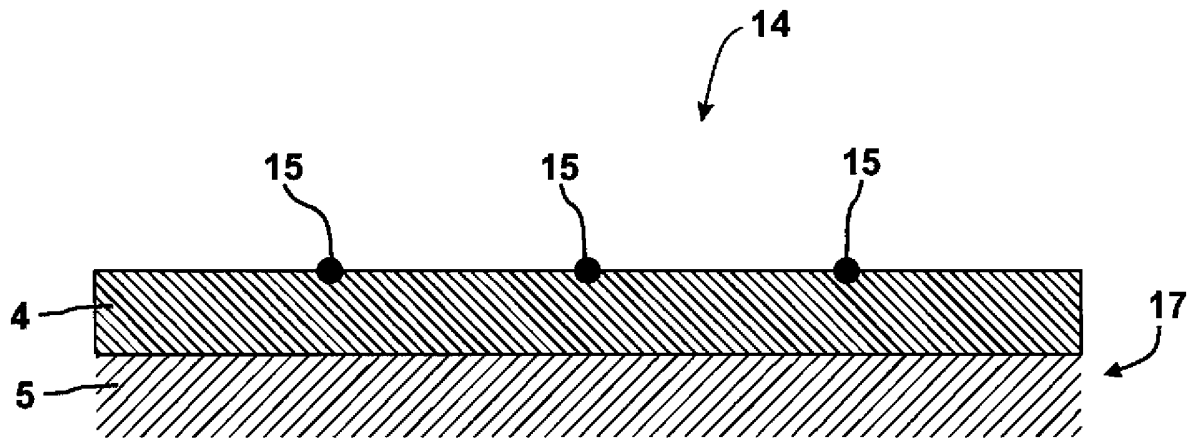


Fig. 6

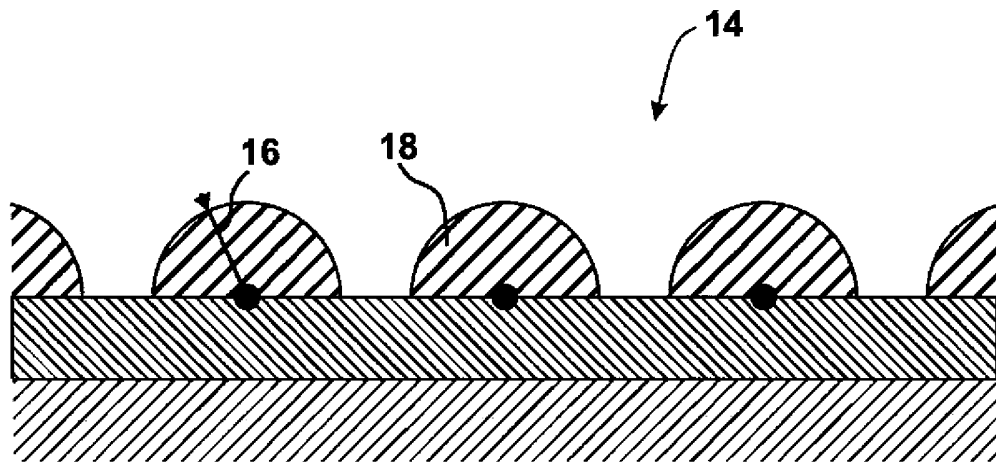


Fig. 7

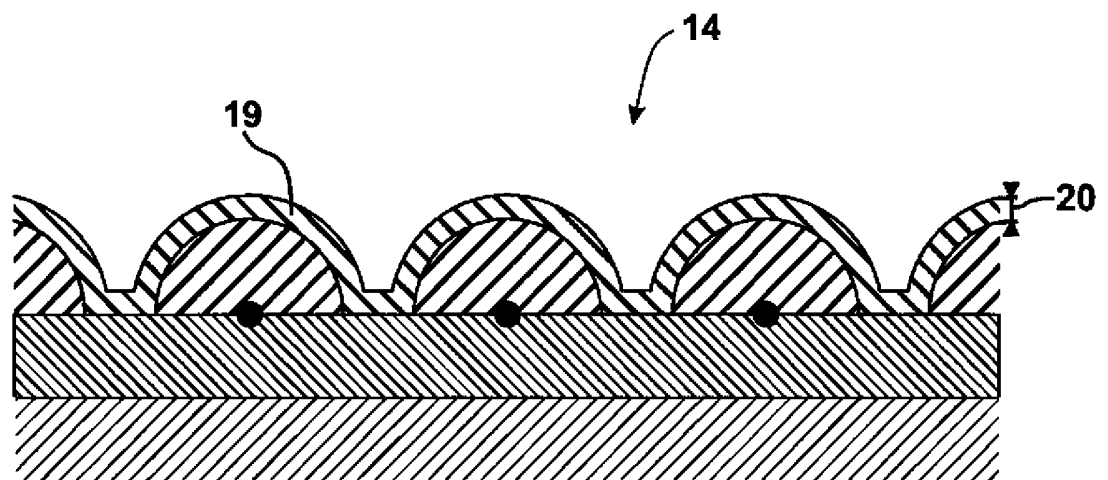


Fig. 8

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bilden eines Temperaturgradienten, aufweisend zumindest einen durch eine Deckplatte (3) und eine Grundplatte (2) begrenzten, gasdichten
5 Arbeitsraum (9) mit einer Kathode (8) und einer Anode (7), wobei bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Kathode (8) und Anode (7) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, sowie ein zwischen Kathode (8) und Anode (7) befindliches Arbeitsgas, wobei ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 5000 nm ist, um mit dem Arbeitsgas einen Wärmetransport von der
10 Anode (7) zur Kathode (8) zu ermöglichen, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (3) und die Grundplatte (2) zumindest teilweise aus einem Dielektrikum (4) bestehen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand
15 zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als eine freie Weglänge der Moleküle bzw.
20 Atome des Arbeitsgases ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen Kathode (8) und Anode (7) kleiner als 2000 nm, bevorzugt kleiner als 1000 nm, insbesondere etwa 500 nm, ist.
25
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Dielektrikum (4) ein Polymer, insbesondere ein Parylen, und/oder einen Fotolack aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die
30 Grundplatte (2) und die Deckplatte (3) jeweils ein Substrat aufweisen, bevorzugt ein Siliciumsubstrat, das über eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode (6) mit dem Dielektrikum (4) verbunden ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (8) als eine Drahtelektrode (15), die insbesondere aus Gold besteht, gebildet ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der
5 zumindest eine Arbeitsraum (9) einen etwa halbkreisförmigen Querschnitt aufweist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der
zumindest eine Arbeitsraum (9) halbkugelförmig oder etwa pyramidenförmig ausgebildet
ist.
- 10
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein
Querschnitt der Kathode (8) weniger als 3 %, bevorzugt weniger als 1 %, insbesondere
weniger als 0,5 %, eines Querschnittes des Arbeitsraumes (9) beträgt.
- 15 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Arbeitsräume (9) nebeneinander angeordnet sind, wobei die einzelnen
Arbeitsräume (9) räumlich miteinander durch Stege (13) verbunden sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die nebeneinander
20 angeordneten Arbeitsräume (9) eine gemeinsame Anode (7) aufweisen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die
Kathoden (8) der nebeneinander angeordneten Arbeitsräume (9) elektrisch miteinander
verbunden sind.
- 25
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere Arbeitsräume (9) übereinander in mehreren Lagen seriell angeordnet sind, wobei
Wärme zwischen den Lagen übertragbar ist.
- 30 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathoden (8)
der einzelnen Lagen und die Anoden (7) der einzelnen Lagen jeweils miteinander
elektrisch verbunden sind.

16. Verfahren zur Herstellung einer Vorrichtung (1) zum Bilden eines Temperaturgradienten, wobei die Vorrichtung (1) mit zumindest einem gasdichten Arbeitsraum (9) mit einer Deckplatte (3) mit einer Kathode (8) und einer Grundplatte (2) mit einer Anode (7) sowie einem dazwischen befindlichen Arbeitsgas gebildet wird,
- 5 sodass bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Anode (7) und Kathode (8) im Arbeitsraum (9) ein inhomogenes elektrisches Feld erzeugbar ist, wobei die Deckplatte (3) mit einem Abstand von weniger als 5000 nm zur Grundplatte (2) angeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass eine Deckplatte (3) und eine Grundplatte (2) eingesetzt werden, welche zumindest teilweise aus einem Dielektrikum bestehen.
- 10
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckplatte (3) mit einer in einem Galvanisierungsverfahren hergestellten Prägeform (14) gefertigt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Prägeform (14),
- 15 die verwendet wird, einen galvanischen Aufbau (18) mit einem etwa halbkreisförmigen Querschnitt aufweist, wobei ein Radius des etwa halbkreisförmigen Querschnitts kleiner als 5000 nm, bevorzugt, kleiner als 1000 nm, besonders bevorzugt zwischen 100 nm und 800 nm, insbesondere etwa 350 nm, ist.
- 20
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Prägeform (14), die verwendet wird, eine Metallisierungsschicht (19) mit einer Metallisierungsschichtdicke (20) von weniger als 1000 nm, bevorzugt weniger als 500 nm, besonders bevorzugt zwischen 50 nm und 300 nm, insbesondere etwa 100 nm, aufweist.
- 25
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zum Bilden der Grundplatte (2) und der Deckplatte (3) auf ein Substrat eine elektrisch leitfähige Flächenelektrode (6) aufgebracht wird.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass auf die
- 30 Flächenelektrode (6) ein Dielektrikum (4) aufgebracht wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass auf eine im Wesentlichen plattenförmige Substratschicht (5) auf zwei Seiten etwa plane

Flächenelektroden (6) aufgebracht werden, welche Elektroden von übereinanderliegenden Arbeitsräumen (9) bilden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die
5 Kathode (8) durch eine in einem Lift-off-Verfahren hergestellte Drahtelektrode (15) gebildet wird.

24. Verfahren zum Bilden eines Temperaturgradienten zwischen einer Kathode (8) und einer Anode (7) in einem durch eine Deckplatte (3) und eine Grundplatte (2)
10 begrenzten Arbeitsraum (9) mittels eines im Arbeitsraum (9) befindlichen Arbeitsgases, an dem ein inhomogenes elektrisches Feld anliegt, wobei Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases eine Molekularbewegung ausführen und dabei zwischen Kathode (8) und Anode (7) pendeln, wobei diese an der Anode (7) Energie aufnehmen und an der Kathode (8) abgeben, dadurch gekennzeichnet, dass eine Deckplatte (3) und eine
15 Grundplatte (2) eingesetzt werden, welche zumindest teilweise aus einem Dielektrikum (4) bestehen.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gasdruck des Arbeitsgases gewählt wird, welcher kleiner ist als ein Umgebungsdruck, vorzugsweise
20 weniger als 500 mbar, besonders bevorzugt zwischen 40 mbar und 100 mbar, insbesondere etwa 60 mbar, sodass ein Molekül bzw. Atom am Weg zwischen Kathode (8) und Anode (7) nur mit geringer Wahrscheinlichkeit auf ein anderes Molekül trifft und Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases im Wesentlichen nur mit der Anode (7) und der Kathode (8) des Arbeitsraumes (9) interagieren.

25

26. Verfahren nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitsraum (9) verwendet wird, der einen Abstand zwischen Anode (7) und Kathode (8) aufweist, der kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Doppelte, einer freien Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.

30

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitsraum (9) verwendet wird, der einen Abstand zwischen Anode (7) und Kathode (8) aufweist, der kleiner als die freie Weglänge der Moleküle bzw. Atome des Arbeitsgases ist.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass ein Arbeitsgas verwendet wird, das kein Dipolmoment aufweist.
29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass in
5 mehreren übereinanderliegenden Arbeitsräumen (9) entsprechende Verfahren ablaufen, wobei eine Temperaturdifferenz zwischen einem untersten und einem obersten Arbeitsraum (9) gebildet wird, die größer ist, als die mit einem einzelnen Arbeitsraum (9) herstellbare Temperaturdifferenz.



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: F25B 21/00 (2006.01)					
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: F25B 21/00					
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F25B					
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI					
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 8. März 2012 eingereichten Ansprüchen 1-32 erstellt.					
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch			
X	US 2005110099 A1 (SHIMOGISHI ET AL.) 26. Mai 2005 (26.05.2005)	1-4, 17, 21, 27, 28, 31			
A	Zusammenfassung; Fig. 1-7; Absätze 0133-0171;	5, 7, 8, 11, 23			
<table border="1"> <tr> <td>Datum der Beendigung der Recherche: 4. September 2012</td> <td>☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt</td> <td>Prüfer(in): HÖRZER K.</td> </tr> </table>			Datum der Beendigung der Recherche: 4. September 2012	☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): HÖRZER K.
Datum der Beendigung der Recherche: 4. September 2012	☐ Fortsetzung siehe Folgeblatt	Prüfer(in): HÖRZER K.			
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmel- gegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmel- gegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.					