

明 細 書

発明の名称：マイクロ流体デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、微小反応デバイス（マイクロリアクタ）や集積型DNAデバイス、微小電気泳動デバイスなどのマイクロ流体デバイスに関する。

背景技術

[0002] 近年、微細加工技術を応用して製造された、例えば微小反応デバイス、集積型DNAデバイス、微小電気泳動デバイス等のマイクロ流体デバイスが注目を集めている。マイクロ流体デバイスは、極めて狭小な反応流路を有し、当該反応流路において化学反応等を起こさせるため、極めて効率的にかつ安価に試料の分析等を行うことができる。

[0003] ここで、特許文献1には、反応流体に所望の温度変化を与える反応デバイスにおいて、その温度変化を高速に行う方法として、マイクロ流体デバイスを用いた方法が開示されている。

[0004] 当該特許文献1では、デバイス基板を、異なる温度領域に分割し、当該分割された温度領域に、それらを通過する蛇行流路を形成することにより、流路中を進行する反応流体を、各温度領域でそれぞれの温度へと変化させる方法が開示されている。このような構成により、蛇行流路中に流体を流通させるだけで、所望の温度変化を与えることができるため、流体温度を高速に変化させることができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-192554号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載された従来の方法では、図8に示すように、マイクロ流体デバイス101の外部に取り付けられた大型の外部ヒータ

ブロック１００によりマイクロ流体デバイス１０１を加熱しているために、
１）外部ヒータブロック１０の大きさの分だけシステム全体が大型化してしまう、２）ヒータブロック１００とマイクロ流体デバイス１０１との熱伝達を向上させるために、ヒータブロック１００とマイクロ流体デバイス１０１との密着手段が必要となるため装置が複雑化してしまう、などの問題があった。

[0007] また、ヒータブロック１００には加熱むらがあるため、反応流路内の流体を均一に加熱することが困難であるという問題があった。

[0008] 本発明は上記事情に鑑み成されたものであり、その目的とするところは、均一な温度領域を形成することができ、簡易な構造を有する小型化されたヒータ付きマイクロ流体デバイスを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するため、本発明に係るマイクロ流体デバイスは、基板と、該基板に形成された反応流路と、前記反応流路を加熱する温度調節ヒータと、を備えるマイクロ流体デバイスであって、

前記基板上に、前記反応流路が形成された反応流路形成領域と、前記温度調節ヒータが形成された温度調節ヒータ形成領域と、が交互に配置され、

前記反応流路形成領域に、反応流路が少なくとも１回折り返して形成され、

前記温度調節ヒータ形成領域に、温度調節ヒータが少なくとも１回折り返して形成されたことを特徴とする。

[0010] また、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、それぞれ前記反応流路形成領域と前記温度調節ヒータ形成領域とが一方向に交互に配置されてなる第１の温度領域と第２の温度領域とを有し、

前記第１の温度領域と前記第２の温度領域とが、前記一方向とは異なる方向に並置されてなることを特徴とする。

[0011] また、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記第１の温度領域に含まれる第１の反応流路形成領域と、前記第２の温度領域に含まれる第２

の反応流路形成領域と、が互いに違いに配置され、

近接する、第１の反応流路形成領域および第２の反応流路形成領域に形成された反応流路同士が連通して形成されていることを特徴とする。

[0012] また、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記第１の温度領域に含まれる第１の温度調節ヒータ形成領域と、前記第２の温度領域に含まれる第２の温度調節ヒータ形成領域と、が互い違いに配置され、

近接する、第１の温度調節ヒータ形成領域および第２の温度調節ヒータ形成領域に形成された温度調節ヒータ同士が連続して形成されていることが好ましい。

[0013] 特に、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、一の前記温度調節ヒータ形成領域に、折り返し蛇行して形成された温度調節ヒータを２以上有してなることが好ましい。

[0014] 同様、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、一の前記反応流路形成領域に、それぞれ折り返し蛇行して形成され分離された反応流路を２以上有してなることが好ましい。

[0015] また、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、一の前記温度調節ヒータ形成領域における前記温度調節ヒータの折り返しの回数が、１～１０であることが好ましい。

[0016] 同様、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、一の前記反応流路形成領域における前記反応流路の折り返しの回数が、１～１０であることが好ましい。

[0017] 本発明に係るマイクロ流体デバイスは、基板上に保護基板をさらに備えていてもよく、前記保護基板により、前記基板に外方開口して形成された反応流路及び前記基板に配置された温度調節ヒータが覆われてなる。

[0018] 本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記２以上の温度領域の境界において、前記基板の裏面に開口して形成された分離溝を有していてもよい。

[0019] 本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記境界において、前記基

板の裏面から表面に貫通するように形成された貫通孔をさらに備えていてもよい。

[0020] さらに、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記温度調節ヒータが形成されている面と、前記基板の表面と、の間に段差が形成されていてもよく、前記温度調節ヒータが、前記基板の表面から突出していないことが好ましい。

[0021] 本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記温度調節ヒータが、金属薄膜ヒータであることが好ましい。

[0022] また、本発明に係るマイクロ流体デバイスにおいて、前記2以上の温度調節ヒータが別々に温度調節可能であることが好ましい。

[0023] また、本発明は、上述のマイクロ流体デバイスを、ポリメラーゼ連鎖反応デバイスとして用いることができる。

発明の効果

[0024] 本発明に係るマイクロ流体デバイスによれば、基板上に、反応流路が少なくとも1回折り返して形成された反応流路形成領域と、温度調節ヒータが少なくとも1回折り返して形成された温度調節ヒータ形成領域と、が交互に配置されているため、均一な温度領域を形成することができる。特に、反応流路が反応流路形成領域において1回折り返して形成された突状部と、温度調節ヒータが温度調節ヒータ形成領域において1回折り返して形成された突状部とが、入れ子状に配置されている場合、反応流路を温度調節ヒータにより均一に加熱することができる。さらに、温度調節ヒータ形成領域が基板上に形成されているため、ヒータブロックとマイクロ流体デバイスとの熱伝達を向上させるための密着手段を必要とせず、密着手段を要しないことから簡易な構造とすることができる。さらにまた、基板上に温度調節ヒータが形成され別途ヒータブロックを必要とせず、厚さが薄い例えば金属薄膜を基板上に印刷等するだけで温度調節ヒータを形成することができるため、マイクロ流体デバイスを小型化することができる。

[0025] したがって、本発明に係るマイクロ流体デバイスによれば、均一な温度領

域を形成することができ、簡易な構造を有する小型化されたヒータ付きマイクロ流体デバイスを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係るマイクロ流体デバイスの斜視図である。

[図2]図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係るマイクロ流体デバイスを構成する基板の上面図である。

[図3]図 3 は、本発明の実施の形態 2 に係るマイクロ流体デバイスを構成する基板の上面図である。

[図4]図 4 (a) ~ (d) は、本発明の実施の形態 2 に係るマイクロ流体デバイスであって、2 以上の温度領域の境界に分離溝を有するマイクロ流体デバイスの断面図である。

[図5]図 5 は、本発明の実施の形態 2 の別の態様に係るマイクロ流体デバイスの上面図である。

[図6]図 6 は、本発明の実施の形態 2 のさらに別の態様に係るマイクロ流体デバイスの上面図である。

[図7]図 7 は、本発明の実施の形態 3 に係るマイクロ流体デバイスの上面図である。

[図8]図 8 (a) は、従来のマイクロ流体デバイスの上面図であり、図 8 (b) は、その断面図である。

発明を実施するための形態

[0027] 本発明を実施するための形態を、以下、図面を参照しながら詳細に説明する。ただし、以下に示す形態は、本発明の技術的思想を具体化するためのマイクロ流体デバイスを例示するものであって、本発明を限定するものではない。また、実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、特定の記載がない限り、本発明の範囲をそののみに限定する趣旨ではなく、単なる例示にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするために誇張していることがある。

[0028] (実施の形態 1)

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係るマイクロ流体デバイス 1 の斜視図である。図 1 に示すように、実施の形態 1 に係るマイクロ流体デバイス 1 は、基板 2 と、基板 2 上に形成された反応流路 3 と、基板 2 上に反応流路 3 に近接して形成された温度調節ヒータ 4 であって、反応流路 3 を加熱するために設けられた温度調節ヒータ 4 と、を備える。

[0029] 図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係るマイクロ流体デバイス 1 を構成する基板 2 の上面図である。図 2 に示すように、基板 2 上に、反応流路 3 が形成された反応流路形成領域 5 と、温度調節ヒータ 4 が形成された温度調節ヒータ形成領域 6 と、が一の方向（本実施の形態 1 では基板の長手方向）に交互に配置されている。温度調節ヒータ 4 が反応流路 3 に沿ってこれに近接して形成されているため、温度調節ヒータ 4 によって反応流路 3 内の流体等を均一に加熱することができる。

[0030] 反応流路形成領域 5 において形成された反応流路 3 の上面視形状は特に図 2 等 に示された略 U 字状のものに限定されることはなく、如何なる形状であっても良い。また、複数の反応流路 3 のうちいずれかの反応流路 3 は、他のいずれかの反応流路 3 と形状が異なっても良いし同じであってもよい。しかしながら、均熱性の観点から、これらの形状は同じであることが好ましい。これにより、反応流路 3 内の流体等を均一に加熱することができる。

[0031] また、反応流路 3 は、同一の反応流路形成領域 5 内において均一に形成されていることが好ましい。ここで、「反応流路 3 が同一の反応流路形成領域 5 内において均一に形成されている」とは、複数の反応流路形成領域 5 のうち一の反応流路形成領域 5 内に反応流路 3 が等密度に形成されていることを意味する。

[0032] 温度調節ヒータ 4 の上面視形状及び均一形成についても同様のことが言える。上記同様、温度調節ヒータ 4 を同一の温度調節ヒータ形成領域 6 に均一に形成することにより、反応流路 3 を均一に加熱することができるため均熱性を得ることができる。

[0033] 以下、本実施の形態 1 では、反応流路 3 及び温度調節ヒータ 4 の上面視形状が、折り返し部を先端（突部）として突状である場合を一例として説明する。

[0034] 本発明の実施の形態 1 では、反応流路形成領域 5 には、図 2 に示すように、反応流路 3 が少なくとも 1 回以上折り返して形成され突状とされている。これにより、突状部が形成されている。ここで、「反応流路 3 が折り返して形成されている」とは、図 2 に示すように、反応流路 3 が直線的に一方向に延伸した後、ある位置で当該一方向と反対方向（例えば当該一方向に対して略 180° の方向）に旋回して折り返されさらに当該反対方向に直線的に延伸していることを意味する。折り返し部は、図 2 に示すように、不連続的に（先端における接線の傾きが不連続に変化するように）折り返されたもの（すなわち例えば略コの字状（一方が開口した四角形状）のもの）であってもよいし、緩やかに連続的に（先端における接線の傾きが連続して変化するように）湾曲するようなもの（すなわち略 U 字状のもの）であってもよい。反応流路 3 の折り返しの回数は 1 回に限定されるものではなく、2 以上（例えば 2 ～ 50 回程度）であってもよい。

[0035] また、温度調節ヒータ形成領域 6 においても、温度調節ヒータ 4 が少なくとも 1 回折り返して形成され突状とされている。ここで、温度調節ヒータ 4 が折り返して形成されているとは、上記同様、図 2 に示すように、温度調節ヒータ 4 が直線的に一方向に延伸した後、ある位置で当該一方向と反対方向（例えば当該一方向に対して略 180° の方向）に旋回して折り返され直線的に当該反対方向に延伸していることを意味する。折り返し部は、不連続的に（先端における接線の傾きが不連続に変化するように）折り返されたもの（すなわち例えば略コの字状（一方が開口した四角形状））であってもよいし、図 2 に示すように、先端において緩やかに連続的に（先端における接線の傾きが連続に変化するように）湾曲するようなもの（すなわち略 U 字状のもの）であってもよい。温度調節ヒータ 4 の折り返しの回数は 1 回に限定されるものではなく、2 以上（例えば 2 ～ 50 回程度）であってもよい。

[0036] 温度調節ヒータ４の折り返し部が２以上含まれ突状部が２以上形成されている場合、折り返し部に対して反対側において突状部同士が接続され、図２に示すように温度調節ヒータ４が蛇行して形成される。

[0037] 図２に示すように、「突状部」とは、上述のように所定長さ（形成領域（反応流路形成領域５、温度調節ヒータ形成領域６）の長手方向（例えば図３のＱ方向）の幅長と略同じ長さ）だけ一方向（例えば図３のＱ方向）に延伸した後折り返され一方向と反対方向に同じ長さだけ延伸して形成された部分を意味する。温度調節ヒータ４が、その各突状部が等間隔となるよう蛇行して配置され、同様に、反応流路３が、その各突状部が等間隔となるように蛇行して配置され、温度調節ヒータ４の各突状部間に、反応流路３の突状部が配置されている。すなわち、反応流路３の各突状部が、２つの連続する温度調節ヒータ４の突状部との間に入り込み、かつ、温度調節ヒータ４の各突状部が、２つの連続する反応流路３の突状部との間に入り込むように入れ子状に配置されている。これにより、温度調節ヒータ４を反応流路３に近接して配置することができ、温度調節ヒータ４により効率よく均一に反応流路３を加熱することができる。本発明において、「入れ子状」とは、反応流路３の各突状部が、２つの連続する温度調節ヒータ４の突状部間に入り込み、かつ、温度調節ヒータ４の各突状部が、２つの連続する反応流路３の突状部間に入り込むことを意味する。

[0038] 以上のように、本実施の形態１に係るマイクロ流体デバイス１によれば、ヒータブロックとデバイスとの熱伝達を向上させるための密着手段を必要としない、簡易な構造を有するヒータ付きマイクロ流体デバイス１であって、均一な温度領域を形成することができる小型化されたマイクロ流体デバイス１を提供することができる。

[0039] （実施の形態２）

図３は、本発明の実施の形態２に係るマイクロ流体デバイス１であって、温度領域（第１の温度領域１０、第２の温度領域１１）が２列並置された態様に係るマイクロ流体デバイス１の上面図である。

[0040] 図3に示すように、第1の温度領域10と第2の温度領域11とがマイクロ流体デバイス1上に形成され、第1の温度領域10及び第2の温度領域11のそれぞれにおいて、反応流路形成領域5と温度調節ヒータ形成領域6とが一方向Pに交互に配置されて形成されている。第1の温度領域10と第2の温度領域11とが、一方向Pとは異なる方向、例えば一方向に対して略直角の方向Qに並置されている。

[0041] 本発明の実施の形態2に係るマイクロ流体デバイス1において、図3に示すように、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5aと、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5bと、を互いに違いに配置してもよく、近接する、第1の反応流路形成領域5aおよび第2の反応流路形成領域5bに形成された反応流路3同士が連通して形成されていることが好ましい。これにより、反応流路3の突状部をD-D'を中心として左右に交互に形成することができる。すなわち、奇数番目の突状部を例えば左側、偶数番目の突状部を右側に配置することができる。これにより、第1の温度領域10と第2の温度領域11とに跨って温度調節ヒータ4を蛇行して形成することができる。第1の温度領域10と第2の温度領域11とで異なる温度に設定することができるため、一の反応流路3を異なる温度で加熱することができる。

[0042] すなわち、第1の温度領域10が、第1の反応流路形成領域5aと、第1の温度調節ヒータ形成領域6aと、が交互に配置されて形成されるとともに、第2の温度領域11が、第2の反応流路形成領域5bと、第2の温度調節ヒータ形成領域6bと、が交互に配置されて形成され、第1の温度領域10に含まれる複数の第1の反応流路形成領域5aと、第2の温度領域11に含まれる複数の第2の反応流路形成領域5bと、がそれぞれ一つずつずれた状態で互い違いに配置されている。そして、第1の温度領域10に含まれる複数の第1の反応流路形成領域5a、及び、第2の温度領域11に含まれる複数の第2の反応流路形成領域5bのうち、近接するもの同士、ジグザグに配置されている。より詳細には、図3に示すように、第1の温度領域10に含

まれる第1の反応流路形成領域5a (A1) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B1) と近接して配置され、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B1) が、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A2) と近接して配置されている。そして、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A2) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B2) と近接して配置され、第2の温度領域11に含まれる第1の反応流路形成領域5b (B2) が、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A3) と近接して配置されている。さらに、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A3) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B3) と近接して配置され、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B3) が、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A4) と近接して配置されている。さらに、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A4) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B4) と近接して配置され、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5a (A5) が、第2の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A5) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B5) と近接して配置され、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B5) が、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A6) と近接して配置されている。さらに、第1の温度領域10に含まれる第1の反応流路形成領域5a (A6) が、第2の温度領域11に含まれる第2の反応流路形成領域5b (B6) と近接して配置されている。

[0043] また、第1の温度領域10において、第1の反応流路形成領域5aの、一方向Pについての両隣りの第1の温度調節ヒータ形成領域6aに形成された温度調節ヒータ4同士が連続して形成され、第1の温度領域10において、

一の連続する温度調節ヒータ4が一の連続する反応流路3と入れ子状に形成されている。より詳細には、図3に示すように、第1の温度領域10において、反応流路形成領域5a(A1)と反応流路形成領域5a(A2)との間には、温度調節ヒータ形成領域6a(C1)が形成され、反応流路形成領域5a(A2)と反応流路形成領域5a(A3)との間には、温度調節ヒータ形成領域6a(C2)が形成されている。また、反応流路形成領域5a(A3)と反応流路形成領域5a(A4)との間には、温度調節ヒータ形成領域6a(C3)が形成され、反応流路形成領域5a(A4)と反応流路形成領域5a(A5)との間には、温度調節ヒータ形成領域6a(C4)が形成されている。同様に、反応流路形成領域5a(A5)と反応流路形成領域5a(A6)との間には、温度調節ヒータ形成領域6a(C5)が形成され、反応流路形成領域5a(A6)の隣りには(一方P(すなわちP軸の正の方向)について隣り)、温度調節ヒータ形成領域6a(C6)が形成されている。そして、第1の温度調節ヒータ形成領域6a(C1~C6)に形成された温度調節ヒータ4が図3に示すように接続されており、これにより一の連続した温度調節ヒータ4が形成されている。そして、第1の温度領域10において、一の連続する温度調節ヒータ4の左側の突状部が一の連続する反応流路3の突状部と入れ子状に形成されている。

[0044] 同様に、第2の温度領域11において、第2の反応流路形成領域5bの、一方Pについての両隣りの第2の温度調節ヒータ形成領域6bに形成された温度調節ヒータ4同士が連続して形成され、第2の温度領域11において一の連続する温度調節ヒータ4が形成されている。より詳細には、図3に示すように、第2の温度領域11において、反応流路形成領域5b(B1)の隣り(一方Pと反対方向(P軸の負の方向)について隣り)には、温度調節ヒータ形成領域6b(D1)が形成され、反応流路形成領域5b(B1)と反応流路形成領域5b(B2)との間には、温度調節ヒータ形成領域6b(D2)が形成されている。また、反応流路形成領域5b(B2)と反応流路形成領域5b(B3)との間には、温度調節ヒータ形成領域6b(D3

）が形成され、反応流路形成領域 5 b（B 3）と反応流路形成領域 5 b（B 4）との間には、温度調節ヒータ形成領域 6 b（D 4）が形成されている。同様に、反応流路形成領域 5 b（B 4）と反応流路形成領域 5 b（B 5）との間には、温度調節ヒータ形成領域 6 b（D 5）が形成され、反応流路形成領域 5 b（B 5）と反応流路形成領域 5 b（B 6）との間には、温度調節ヒータ形成領域 6 b（D 6）が形成されている。そして、第 2 の温度調節ヒータ形成領域 6 b（D 1～D 6）に形成された温度調節ヒータ 4 が図 3 に示すように接続されており、これにより一の連続した温度調節ヒータ 4 が形成されている。そして、第 2 の温度領域 1 1 において、一の連続する温度調節ヒータ 4 の右側の突状部が一の連続する反応流路 3 の突状部と入れ子状に形成されている。

[0045] 図 3 に示すように、第 1 の温度領域 1 0 において、等間隔となるよう蛇行して配置された温度調節ヒータ 4 の各突状部間に、同じく等間隔となるよう蛇行して配置された反応流路 3 の突状部が配置されるため均熱性を良好なものとすることができる。すなわち、反応流路 3 の各突状部が、2 つの連続する温度調節ヒータ 4 の突状部との間に入り込み、かつ、温度調節ヒータ 4 の各突状部が、2 つの連続する反応流路 3 の突状部との間に入り込むように入れ子状に配置することにより、温度調節ヒータ 4 を反応流路 3 に近接して配置することができるため効率よく均一に加熱することができる。また、第 2 の温度領域 1 1 においても同様のことができる。

[0046] また、図 5 に示すように、一の反応流路形成領域 5（第 1 の反応流路形成領域 5 a、第 2 の反応流路形成領域 5 b）に、それぞれ、反応流路 3 の突状部が 2 つ形成されているもよい。また、図 6 に示すように、一の反応流路形成領域 5 に、それぞれ、反応流路 3 の突状部が 7 つ形成されているもよい。このような構成とすることにより、より高温に加熱することができ、急速な加熱を実現することができる。

[0047] 本発明の実施の形態 2 に係るマイクロ流体デバイス 1 において、一の温度調節ヒータ形成領域 6 における温度調節ヒータ 4 の折り返しの回数が、1 ～

50であることが好ましい。より好ましくは、1～10である。温度調節ヒータ4の折り返しの回数をこのような範囲とすることにより、急速加熱を実現するとともに均一加熱を実現することができる。

[0048] 本発明の実施の形態2に係るマイクロ流体デバイス1は、図1に示すように、基板2上に保護基板20をさらに備えていることが好ましく、保護基板20により、基板2に外方開口して形成された反応流路3及び基板2に配置された温度調節ヒータ4が覆われている。このような構成とすることにより、温度調節ヒータ4を保護することができるとともに、反応流路3内の流体が反応流路3から漏れ出すことを防止することができる。

[0049] 保護基板20としては、基板2上に形成された温度調節ヒータ4および反応流路3を良好に保護することが可能であれば如何なる材料で構成されていてもよい。

[0050] 図4(a)～(d)は、本発明の実施の形態2に係るマイクロ流体デバイス1であって、2以上の温度領域の境界に分離溝を有するマイクロ流体デバイス1の断面図である。図4(a)は、図3に図示されたマイクロ流体デバイス1のA-A'断面における断面図であり、図4(b)は、図3に図示されたマイクロ流体デバイス1のB-B'断面における断面図である。また、図4(c)は、図3に図示されたマイクロ流体デバイス1のC-C'断面における断面図であり、図4(d)は、図3に図示されたマイクロ流体デバイス1のD-D'断面における断面図である。

[0051] 図4(b)に示すように、2以上の温度領域10、11の境界において、基板2の裏面に開口して分離溝30が形成されていてもよい。2つの温度領域10、11は、図4(b)に示すように、分離溝30以外の部分で繋がっていてもよい。分離溝30は、温度領域間の熱絶縁性を向上させるものである。したがって、上述のように、2以上の温度領域の境界において分離溝30を形成することにより、温度領域10、11間の熱絶縁性を向上させることができる。分離溝30は、温度領域10、11間の熱絶縁性を向上させるものである以上、断面形状は如何なる形状であってもよい。分離溝30を容

易に形成することができる点で、好適には、分離溝30の断面形状は矩形である。また、分離溝30は、温度領域10、11間の熱絶縁性を向上させるものであるため、必ずしも基板2の裏面に開口している必要はなく、基板2の表面及び裏面の両方において開口していなくてもよい（すなわち、閉じられた空間が基板2の温度領域10と11との間に形成されていてもよい）。基板2の表面及び裏面の両方において閉じていたとしても、温度領域10、11間の熱絶縁性を良好に向上させることができる。

[0052] 本発明の実施の形態1に係るマイクロ流体デバイス1において、図4（a）、（d）に示すように、2つの温度領域10、11の境界において、基板2の裏面から表面に貫通するように形成された貫通孔31をさらに備えていてもよい。このような構成とすることにより、温度領域10、11間の熱絶縁性をより向上させることができる。

[0053] さらに、本発明の実施の形態1に係るマイクロ流体デバイス1において、図4（a）、（b）、（c）に示すように、温度調節ヒータ4が形成されている面と、基板2の最表面と、の間に段差が形成され、温度調節ヒータ4が、基板2の最表面から突出していないことが好ましい。このように構成することにより、基板2と保護基板20とを容易に接合することができ、歩留まりの向上を図ることができる。

[0054] 本発明の実施の形態1に係るマイクロ流体デバイス1において、温度調節ヒータ4が、金属薄膜ヒータであることが好ましい。温度調節ヒータ4を金属薄膜ヒータとすることにより、デバイス上に容易に集積化することができる。

[0055] ここで、金属薄膜ヒータに用いられる材料としては、金、白金、銅、アルミニウム等の金属を例示することができる。これらの材料は、低抵抗で、かつ作製容易であるため好適に用いることができる。

[0056] 金属薄膜ヒータの形成方法としては、公知の方法であるスパッタ法や蒸着法等を用いることができる。

[0057] また、本発明の実施の形態1に係るマイクロ流体デバイス1において、2

以上の温度調節ヒータ 4 が別々に温度調節可能であることが好ましい。2 以上の温度調節ヒータ 4 が別々に温度調節可能であることにより、温度制御を高精度に行うことができる。

[0058] 以上のように、本実施の形態 2 に係るマイクロ流体デバイス 1 によれば、ヒータブロックとデバイスとの熱伝達を向上させるための密着手段を必要としない、簡易な構造を有するヒータ付きマイクロ流体デバイス 1 であって、均一な温度領域を形成することができる小型化されたマイクロ流体デバイス 1 を提供することができる。さらに、2 以上の異なる温度を有する温度領域を形成することができるため、反応流路 3 内の流体を様々な温度に調整することができ、温度制御が良好なマイクロ流体デバイスを提供することができる。

[0059] (実施の形態 3)

図 8 は、本発明の実施の形態 3 に係るマイクロ流体デバイス 1 であって、温度領域（第 1 の温度領域 10、第 2 の温度領域 11、第 3 の温度領域 12）が 3 列並置されたマイクロ流体デバイス 1 の上面図である。実施の形態 2 においては、温度領域が 2 列並置されているのに対して、実施の形態 3 においては、温度領域が 3 列並置されている点で異なる。それ以外の点で、実施の形態 1、2 と同様である。

[0060] 図 8 に示すように、第 1 の温度領域 10 と第 2 の温度領域 11 と第 3 の温度領域 12 とがマイクロ流体デバイス 1 上に形成され、第 1 の温度領域 10、第 2 の温度領域 11 及び第 3 の温度領域 12 のそれぞれに、反応流路形成領域 5 と温度調節ヒータ形成領域 6 とが一方向 P に交互に配置されている。第 1 の温度領域 10、第 2 の温度領域 11 および第 3 の温度領域 12 は、一方向 P とは異なる方向、例えば一方向に対して略直角の方向 Q に並置されている。

[0061] 本発明の実施の形態 3 に係るマイクロ流体デバイス 1 において、第 1 の温度領域 10 に含まれる第 1 の反応流路形成領域 5 a と、第 2 の温度領域 11 に含まれる第 2 の反応流路形成領域 5 b と、が互い違いに配置され、近接す

る、第1の反応流路形成領域5 a及び第2の反応流路形成領域5 bに形成された反応流路3同士が連通して形成されて、第1の温度領域1 0と第2の温度領域1 1とに一の連続する反応流路3が形成されている。

[0062] また、第2の温度領域1 1に含まれる第2の温度調節ヒータ形成領域6 bと、第3の温度領域1 2に含まれる第3の温度調節ヒータ形成領域6 cと、が互い違いに配置され、近接する、第2の温度調節ヒータ形成領域6 bおよび第3の温度調節ヒータ形成領域6 cに形成された温度調節ヒータ4同士が連続して形成されて、第2の温度領域1 1と第3の温度領域1 2とに一の連続する温度調節ヒータ4が形成されている。

[0063] また、第1の温度領域1 0において、第1の反応流路形成領域5 aの両隣りの第1の温度調節ヒータ形成領域6 aに形成された温度調節ヒータ4同士が連続して形成されて、第1の温度領域1 0において、一の連続する温度調節ヒータ4が形成されている。

[0064] 同様に、第3の温度領域1 2において、第3の温度調節ヒータ形成領域6の両隣りの第3の反応流路形成領域5に形成された反応流路3同士が連通して形成されて、第3の温度領域1 2において、一の連続する反応流路3が形成されている。

[0065] これにより、温度領域を3列並置させたマイクロ流体デバイス1を作製することができる。また、2つの温度領域に跨る一の連続する反応流路3及び／又は温度調節ヒータ4を増加させれば、温度領域を4列以上形成することができる。

[0066] また、本実施の形態2に係るマイクロ流体デバイス1において、第1の温度領域1 0、第2の温度領域1 1、第3の温度領域1 2に含まれる一の温度調節ヒータ形成領域6に形成された、温度調節ヒータ4の折り返しの回数を2回以上としてもよい。これにより反応流路3内の流体（反応物質等）の反応効率を上げることができる。

[0067] さらに、本実施の形態2に係るマイクロ流体デバイス1において、第1の温度領域1 0、第2の温度領域1 1、第3の温度領域1 2に含まれる一の反

応流路形成領域 5 に形成された、反応流路 3 の折り返しの回数を 2 回以上としてもよい。

[0068] 以上のように、本実施の形態 3 に係るマイクロ流体デバイス 1 によれば、ヒータブロックとデバイスとの熱伝達を向上させるための密着手段を必要としない、簡易な構造を有するヒータ付きマイクロ流体デバイス 1 であって、均一な温度領域を形成することができる小型化されたマイクロ流体デバイス 1 を提供することができる。さらに、3 以上の異なる温度を有する温度領域を形成することができるため、反応流路 3 内の流体を様々な温度に調整することができ、温度制御が良好なマイクロ流体デバイスを提供することができる。

[0069] また、本発明のデバイスを用いて、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）デバイスに応用することができる。PCR 法は、DNA（デオキシリボ核酸）の数を増幅させる反応である。具体的には、増幅すべき DNA 断片、ポリメラーゼ酵素、プライマを含んで成る反応溶液に対し、変性温度（約 95℃）、アニール温度（約 60℃）、伸長温度（約 60～75℃）を、30～50 サイクル程度繰り返すことによって、DNA を指数関数的に増加させるものである。

[0070] 変性反応を行う高温の温度領域（例えば 95℃～98℃）と、アニール、伸長反応を行う低温の温度領域（例えば 50℃～75℃）をヒータにより形成する。ここでは、アニール反応と伸長反応を同じ温度で実施する場合について説明するが、これらを異なる温度とし、温度領域を別々に形成してもかまわない。各温度領域に滞在する時間は、反応流体の速度を制御して行う。本発明によると、温度領域の温度を均一に制御することができるため、すべての PCR サイクルにおいて同じ温度で反応を繰り返すことができるため、非常に効率の良い増幅が可能である。

符号の説明

- [0071] 1 マイクロ流体デバイス
2 基板

- 3 反応流路
- 4 温度調節ヒータ
- 5 反応流路形成領域
 - 5 a 第1の反応流路形成領域
 - 5 b 第2の反応流路形成領域
- 6 温度調節ヒータ形成領域
 - 6 a 第1の温度調節ヒータ形成領域
 - 6 b 第2の温度調節ヒータ形成領域
- 10 第1の温度領域
- 11 第2の温度領域
- 12 第3の温度領域

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、該基板に形成された反応流路と、前記反応流路を加熱する温度調節ヒータと、を備えるマイクロ流体デバイスであって、
- 前記基板上に、前記反応流路が形成された反応流路形成領域と、前記温度調節ヒータが形成された温度調節ヒータ形成領域と、が交互に配置され、
- 前記反応流路形成領域に、反応流路が少なくとも1回折り返して形成され、
- 前記温度調節ヒータ形成領域に、温度調節ヒータが少なくとも1回折り返して形成されたマイクロ流体デバイス。
- [請求項2] それぞれ前記反応流路形成領域と前記温度調節ヒータ形成領域とが一方向に交互に配置されてなる第1の温度領域と第2の温度領域とを有し、
- 前記第1の温度領域と前記第2の温度領域とが、前記一方向とは異なる方向に並置されてなる請求項1記載のマイクロ流体デバイス。
- [請求項3] 前記第1の温度領域に含まれる第1の反応流路形成領域と、前記第2の温度領域に含まれる第2の反応流路形成領域と、が互い違いに配置され、
- 近接する、第1の反応流路形成領域および第2の反応流路形成領域に形成された反応流路同士が連通して形成された請求項2記載のマイクロ流体デバイス。
- [請求項4] 前記第1の温度領域に含まれる第1の温度調節ヒータ形成領域と、前記第2の温度領域に含まれる第2の温度調節ヒータ形成領域と、が互い違いに配置され、
- 近接する、第1の温度調節ヒータ形成領域および第2の温度調節ヒータ形成領域に形成された温度調節ヒータ同士が連続して形成された請求項2記載のマイクロ流体デバイス。
- [請求項5] 一の前記温度調節ヒータ形成領域に、折り返し蛇行して形成された

温度調節ヒータを２以上有してなる請求項１～４のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項6] 一の前記反応流路形成領域に、それぞれ折り返し蛇行して形成され分離された反応流路を２以上有してなる請求項１～５のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項7] 一の前記温度調節ヒータ形成領域における前記温度調節ヒータの折り返しの回数が、１～１０である請求項１～６のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項8] 一の前記反応流路形成領域における前記反応流路の折り返しの回数が、１～１０である請求項１～７のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項9] 保護基板をさらに備え、
前記保護基板により、前記基板に外方開口して形成された反応流路及び前記基板に配置された温度調節ヒータが覆われてなる請求項１～８のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項10] 前記２以上の温度領域の境界において、分離溝を有する請求項２に記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項11] 前記境界において、前記基板の裏面から表面に貫通するように形成された貫通孔をさらに備える請求項１０記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項12] 前記温度調節ヒータが形成されている面と、前記基板の表面と、の間に段差が形成され、前記温度調節ヒータが、前記基板の表面から突出していない請求項１～１１のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項13] 前記温度調節ヒータが、金属薄膜ヒータである請求項１～１２のいずれかに記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項14] 前記２以上の温度調節ヒータが別々に温度調節可能である請求項５記載のマイクロ流体デバイス。

[請求項15] 請求項1～14のいずれかに記載されたマイクロ流体デバイスを用いた、ポリメラーゼ連鎖反応デバイス。