



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월29일

(11) 등록번호 10-2037757

(24) 등록일자 2019년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01L 3/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01L 3/50273 (2013.01)

B01L 2300/0861 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0066917

(22) 출원일자 2018년06월11일

심사청구일자 2018년06월11일

(56) 선행기술조사문헌

KR100806568 B1\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

주식회사 이신테크놀로지

광주광역시 북구 첨단과기로208번길 17-19, 40

6호(오룡동)

(72) 발명자

이창수

대전광역시 서구 둔산로 223, 6동 601호 (둔산동,

청솔아파트)

정성근

충청남도 서산시 양유정6길 11-5(읍내동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김원준

전체 청구항 수 : 총 10 항

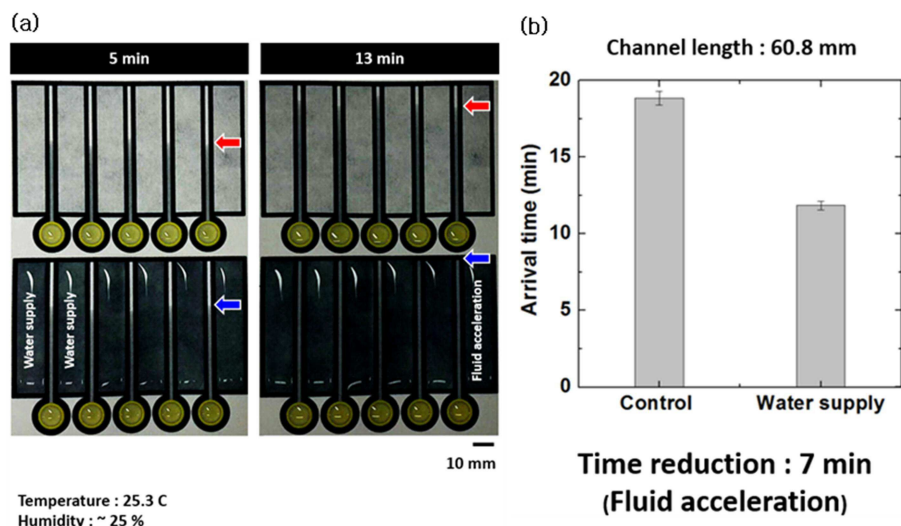
심사관 : 김민석

(54) 발명의 명칭 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 가속 방법

## (57) 요약

본 발명은 특정 구간의 유로에서의 유속을 국부적으로 가속시킬 수 있어 측방유동에 의한 미세유체칩에서의 순차 반응이 가능하면서도 분석시간이 지연되지 않으며, 이를 적용하기 위한 미세유체칩의 제조가 간단하고 대량생산이 가능한 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 가속 방법에 관한 것으로서 보다 상세하게는, 특정 유로 주위에 국부적인 증기압을 증가시키는 것에 의해 해당 국부 유로에서의 유체의 유속이 가속되는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법에 관한 것이다.

## 대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B01L 2300/088 (2013.01)  
B01L 2300/126 (2013.01)  
B01L 2400/0487 (2013.01)

(72) 발명자

**이진현**

대전광역시 유성구 대학로163번길 57, 프리지아  
203호(궁동)

**송나미**

충청북도 청주시 흥덕구 서현중로 47, 207동 1103  
호(가경동, 가로수마을 호반베르디움)

**양창환**

대전광역시 유성구 배울2로 61, 1003동 602호(관평  
동, 대덕테크노밸리10단지아파트)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170067128 A  
KR101662802 B1  
KR1020170115388 A  
US20120015442 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018K000148  
부처명 과학기술정보통신부  
연구관리전문기관 연구성과실용화진흥원  
연구사업명 산학연공동연구법인 지원사업  
연구과제명 돼지질병 진단용 미세유체기반 종이칩 개발  
기 여 율 1/2  
주관기관 (주)이신테크놀로지  
연구기간 2016.12.01 ~ 2021.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2017M3A9B6062989  
부처명 과학기술정보통신부  
연구관리전문기관 한국연구재단  
연구사업명 바이오.의료기술개발사업  
연구과제명 프로테오믹스 기반 치주염 진단용 바이오마커 발굴 및 진단센서 실용화 기술 개발  
기 여 율 1/2  
주관기관 숭실대학교  
연구기간 2017.06.30 ~ 2019.01.29

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

특정 유로의 측면에 유로와 분리된 액체 수용부를 형성하여 유로 주위에 국부적인 증기압을 증가시키는 것에 의해 해당 국부 유로에서의 유체의 유속이 가속되는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 미세유체칩은 종이 또는 미소구조를 갖는 고분자 재질인 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

특정 유로의 유속이 차등 조절되어 미세유체칩 상에서 순차반응이 진행되는 측방유동에 의한 미세유체칩에 있어서,

유로 중 일부 구간에서 유로의 측면에 유로와 분리된 액체 수용부가 형성된 가속유로를 포함하여 해당 구간에서의 유속이 차등 조절되는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 유로와 액체 수용부의 간격에 의해 가속 정도를 조절하는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

#### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 액체 수용부의 폭에 의해 가속 정도를 조절하는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

#### 청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 액체 수용부에 수용되는 액체의 종류에 의해 가속 정도를 조절하는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

#### 청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 액체 수용부는 해당 유로의 양측면에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

## 청구항 9

제 4 항에 있어서,

시료 패드가 액체 수용부로 작용하는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

## 청구항 10

제 4 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

효소면역분석법(ELISA)에 의한 시료 분석용 칩인 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

## 청구항 11

제 4 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 미세유체칩은 종이에 유로 경계의 형상을 갖는 왁스 패턴이 인쇄된 후 열처리되어 유로가 형성되는 종이칩인 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 특정 구간의 유로에서의 유속을 국부적으로 가속시킬 수 있어 측방유동에 의한 미세유체칩에서의 순차반응이 가능하면서도 분석시간이 지연되지 않으며, 이를 적용하기 위한 미세유체칩의 제조가 간단하고 대량생산이 가능한 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 가속 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

고령화 사회의 진입에 따라 생산 가능 연령층의 상대적인 비율이 감소하고 질병 발생률이 높은 고 연령층의 인구가 증가함에 따라 의료용 진단 비용이 심각한 문제로 부각되고 있다. 의료보험 혜택이 제대로 갖추어지지 못한 개발도상국의 경우에도 개개인의 질병의 진단 비용으로 인한 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 의료기관이나 가정에서 적은 비용으로 질병을 진단할 수 있는 저가형 진단 장비가 필요하다.

[0003]

측방유동(lateral flow)에 의한 미세유체칩은 액상의 시료가 모세관 현상에 의해 측면으로 이동하는 것을 이용한 분석 도구이다. 측방유동에 의한 미세유체칩은 측방유동이 가능한 소재, 예를 들면 종이나 미세구조를 갖는 고분자가 사용된다. 이하에서는 간단히 종이칩으로 대표하여 칭하지만, 종이 재질에 한정되는 것이 아닌 측방유동에 의한 미세유체칩 전체를 의미한다. 종이칩은 통상 저렴하고 소량의 시료로도 분석이 가능하고, 소각에 의해 폐기가 가능하여 위험 폐기물을 손쉽게 제거할 수 있으며, 분석 시 펌프나 검출을 위한 특별한 장비나 기술을 필요로 하지 않기 때문에 사용자 친화적이어서 가정용, 현장진단용(POC, point of care) 분석에 널리 사용되어지고 있다.

[0004]

종래 측방유동 검사(LFT, Lateral Flow Test)로 불리는 진단 방법에 의하면, 대조선에서는 1차 항체의 결합에 의해 신호가 나타나고, 검출선에서는 표적물질의 2차 항체의 결합에 의해 신호가 나타난다. 따라서 시료 중에 표적물질이 포함된 경우, 모세관 현상에 의해 시료가 이동하면서 표적물질과 표지된 1차 항체가 일차적으로 결합하고, 이후 추가적인 이동에 의해 검출선에서 표적물질과 2차 항체가 결합하고, 대조선에서는 표지된 1차 항체가 결합하여 2줄의 신호를 나타낸다. 만일 표적물질이 포함되지 않은 경우에는, 1차 항체만이 대조선에서 결합하여 1줄의 신호를 나타낸다. 상기 검사방법은 검출이 직관적이며, 간단하고 시간이 적게 든다는 장점이 있지만, 진단의 감도가 낮다는 단점이 있다.

[0005]

이에 반해 효소기반 면역흡착 분석법(Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay, ELISA)은 1차 항체가 부착된 웰에

표적물질을 반응시킨 후, 표지된 2차 항체를 결합시켜 비색반응에 의해 분석하는 방법이다. 상기 측방유동 검사에 비해 감도가 높은 장점이 있으나, 정량분석을 위해서는 별도의 장비가 필요하고 시료의 도입 후 순차적인 반응을 필요로 하기 때문에 종이칩을 이용하여 분석을 하기 위해서는 시료와 세척액 및 2차 항체 등이 시간차를 두고 각각 지정된 위치에 주입되어야 한다. 도 7은 ELISA 분석을 위한 종이칩의 일예로 사용자는 검출을 위한 시료 이외에 1차 항체(gold-labeled detection antibody)와 세척액(wash), 2차 항체(gold enhancement solution) 위치에 순차적으로 시료 또는 용매를 주입하여야 한다. 그러나 사용을 숙지하지 못한 사용자들이 정해진 위치와 순서 및 시간차에 따라 시료를 투입하지 못하는 경우에는 잘못된 결과가 도출될 수 있으며, 숙련자라고 하더라도 여러번 작업해야 하는 불편을 감수하여야 한다. 따라서 숙련되지 않은 일반 사용자들이 간편하게 사용하면서도 재현성있는 결과를 얻기 위해서는 한번의 작업만으로도 순차적인 반응이 가능하도록 특정 유로에서의 국부적인 유체 이동속도 조절이 필수적이다.

- [0006] 종래 종이칩의 유체 이동속도 조절을 위한 방법은 크게 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 나눌 수 있다.
- [0007] 물리적인 방법으로 유로(channel)의 길이나, 폭, 높이를 조절하여 이동시간을 지연시키거나, 유로에 설탕을 퇴적(deposition)시켜서 그 위로 흐르는 유체의 점성을 높이거나, 유로의 온도를 조절하여 유체의 속도를 낮추는 방법이 있다. 그 이외에도 자석식 밸브를 이용하거나, 풀루란(pullulan)또는 설탕으로 제작한 녹는 다리(bridge)를 유로 사이에 두어서, 일정시간 동안 유체가 흐르면 녹아서 사라지게 함으로써 유체의 흐름을 지연시키는 경우도 있다. 화학적인 방법으로는 유로에 과산화수소를 만나면 친수성으로 바뀌는 소수성 물질을 처리하여 샘플의 과산화수소의 농도에 따라 유체의 유속을 조절하는 방법이 있다.
- [0008] 상기의 방법 중 유로의 모양(길이, 폭, 깊이)을 변경하는 것에 의해 유속을 조절하는 방법은 단순히 유로의 형상을 디자인하는 것만으로 추가의 공정을 필요로 하지 않으면서도 특정 유로에서의 유속을 조절할 수 있다. 따라서 여전히 롤투롤(roll to roll) 공정에 의한 대량생산이 가능하다는 장점이 있다. 이에 반해 특정 위치마다 추가적인 물질을 처리하거나 밸브를 설치하는 방법은 별도의 공정을 요할 뿐 아니라, 해당 유로의 정확한 위치에 정렬할 필요가 있어 종이칩의 제작 단가가 높아진다.
- [0009] 종이칩을 이용한 분석에서 시험결과를 얻는데 필요한 시간은 제품의 실용성에 주요한 요소 중 하나이다. 상기와 같은 종래기술의 공통적인 문제점은 순차반응을 위한 특정 유로에서의 유속조절이 유속을 지연시키는 것에 의해 이루어지기 때문에 분석에 소요되는 시간이 길어진다는 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0010] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1662802호
- (특허문헌 0002) 한국공개특허 10-2004-0043897호
- (특허문헌 0003) 미국등록특허 08222049호
- (특허문헌 0004) 중국공개특허 103433085호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여, 일부 구간의 속도가 다른 구간보다 가속되도록 하는 것에 의해 순차 반응이 가능하도록 하는 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0012] 본 발명의 다른 목적은 상기 국부 유속 조절 방법이 적용된 가속 유로를 포함하는 측방유동에 의한 미세유체칩을 제공하는 것이다.
- [0013] 또한 본 발명은 측방유동에 의한 미세유체칩의 구체적인 사용예로써, 순차 반응을 통한 ELISA에 의한 시료분석용 미세유체칩을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0014] 전술한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 특정 유로 주위에 국부적인 증기압을 증가시키는 것에 의해 해당 국부 유로에서의 유체의 유속이 가속되는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법에 관한 것이다.
- [0015] 본 발명에 의한 미세유체칩은 측방유동을 이용한 것으로서 모세관 현상에 의해 유체를 이동시킬 수 있는 재질이 라면 어떤 것을 사용하여도 무방하다. 가장 대표적인 재질로는 종이를 예로 들 수 있으며, 이외에도 미세구조를 갖는 고분자 재질일 수 있다.
- [0016] 측방유동에 의한 미세유체칩에서의 유체는 모세관 현상에 의해 이동하기 때문에 종래의 미세유체칩에서는 표면 장력이나 마찰력을 변화시키는 것에 의해 특정유로에서의 유체의 속도를 지연시키는 것에 의해 유속을 조절하였다. 그러나 실제 측방유동에 의한 미세유체칩에서는 유체의 이동 시에 유체의 증발이 일어나기 때문에, 증기압을 증가시키면 유체의 증발이 억제되고 이로 인해 유속을 증가시킬 수 있다.
- [0017] 본 발명은 이를 이용한 것으로 국부적인 증기압의 증가는 유로의 측면에 유로와 분리된 액체 수용부를 형성하는 것에 의해 용이하게 달성할 수 있다. 액체 수용부에 담지된 액체는 자연적으로 증발하면서 국부적으로 해당 유로 주위에 증기압을 증가시키는 것에 의해 가속 유로를 형성할 수 있을 것으로 기대하고, 이를 실험적으로 확인하였다. 그 결과 액체 수용부는 액체 수용부 측면의 유로에서 유속을 가속시킴을 확인할 수 있었다.
- [0018] 이에, 본 발명은 상기 국부 유속 조절 방법을 적용한 측방유동에 의한 미세유체칩을 제공한다. 즉, 본 발명은 특정 유로의 유속이 차등 조절되어 미세유체칩 상에서 순차반응이 진행되는 측방유동에 의한 미세유체칩에 있어서, 유로 중 일부 구간에서 유로의 측면에 유로와 분리된 액체 수용부가 형성된 가속유로를 포함하여 해당 구간에서의 유속이 차등 조절되는 것을 특징으로 하는 측방유동에 의한 미세유체칩에 관한 것이다.
- [0019] 전술한 바와 같이 액체 수용부에 담지된 액체는 증발에 의해 유로 주위의 증기압을 국부적으로 증가시켜 유로 내 유체의 증발을 억제하기 때문에 유속이 다른 유로에 비해 가속되는 효과가 있다. 액체 수용부에 의해 국부 증기압을 효과적으로 증가시키기 위해서는 액체 수용부의 폭이 유로 폭의 1~10배인 것이 바람직하다. 액체 수용부의 폭이 너무 좁으면, 액체 수용부에 담지되는 액체의 양이 너무 적어 가속 효과를 나타내기에 충분하지 않다. 액체 수용부에 담지되는 액체의 양이 많을수록 국부 증기압의 증가 효과는 커지나, 액체 수용부의 폭이 10 배 이상인 경우에는 미세유체칩의 크기가 커질 뿐 아니라 유로에 미치는 영향이 크지 않다. 액체 수용부의 폭에 의해 가속의 정도를 조절할 수 있음은 당연하다.
- [0020] 동일한 디자인의 미세유체칩이라고 하더라도, 액체 수용부에 수용되는 액체의 종류에 따라 유로의 국부 증기압에 미치는 효과가 달라진다. 즉, 동일한 양의 액체가 수용되어 있더라도 휘발성이 높은 액체의 경우에는 휘발성이 낮은 액체에 비해 더 많은 액체가 증발하여 유로 주위의 국부 증기압을 더욱 효과적으로 증가시킬 수 있으므로 가속 효과가 더 크다. 따라서, 본 발명의 미세유체칩에서는 상기 액체 수용부에 수용되는 액체의 종류에 의해 가속 정도를 조절할 수 있다.
- [0021] 상기 액체 수용부는 유로의 측면에 유로와 분리되어 형성되는 것으로서, 유로와 액체 수용부의 간격이 좁을수록 액체 수용부가 유속에 미치는 영향이 크기 때문에 유로와 액체 수용부의 간격을 조절하는 것에 의해 가속의 정도를 조절할 수 있다. 이때, 미세유체칩의 공간 배열의 효율성 및 가속 효과를 고려하면, 유로와 액체 수용부의 간격은 유로의 폭의 5배 이하인 것이 바람직하다.
- [0022] 액체 수용부는 유로의 측면에 형성되는데, 한쪽 측면에만 형성될 수도 있으나 양쪽 측면에 형성되면 가속 효과가 더 커진다. 따라서 가속이 효율적으로 이루어질 수 있도록 하기 위해서는 유로의 양측면에 액체 수용부를 형성하는 것이 더 좋다.
- [0023] 본 발명의 측방유동에 의한 미세유체칩의 사용 시에는 액체 수용부에 먼저 액체를 담지시킨 후, 시료 패드에 유체를 주입하여야 한다. 따라서 유체의 주입이 최소 두차례에 걸쳐 이루어져야 한다. 이러한 불편함을 해소할 수 있도록 하기 실시예 2와 같이 시료 패드의 측면에 유로를 형성시켜 시료 패드가 액체 수용부로 작용하도록 미세유체칩을 디자인할 수 있다. 이러한 디자인에 의하면 액체 수용부에 별도의 시료를 가하는 공정이 없이 시료 용액의 한번의 주입으로도 유체의 순차적인 흐름이 가능하다.
- [0024] 상기와 같이 가속 유로의 형성에 의해 미세유체칩 상에서 순차적인 반응이 가능한 본 발명의 측방유동에 의한 미세유체칩은 예를 들면, 효소면역분석법(ELISA)에 의한 시료 분석용 칩으로 사용할 수 있다.
- [0025] 본 발명에 의한 미세유체칩은 재질 및 용도에 따라 적절한 방법에 의해 제조될 수 있다. 간단하게는 예를 들면, 종이에 유로 경계의 형상을 갖는 왁스 패턴을 인쇄한 후 열처리하여 왁스 패턴을 종이에 침투시키는 것에

의해 유로를 형성시켜 제조할 수 있다. 상기 방법에 의하면 별도의 공정이나 물리적인 조작이 없이도, 단순히 액체 수용부를 갖도록 유로를 디자인하는 것만으로 간편하고 경제적으로 순차적인 반응이 가능한 측방유동에 의한 미세유체칩을 제조하는 것이 가능하다.

### 발명의 효과

[0026] 이상과 같이 본 발명의 측방유동에 의한 미세유체칩의 국부 유속 조절 방법에 의하면, 종래 측방유동에 의한 미세유체칩의 장점은 유지하면서도 해당 구간에서의 유속을 가속시킬 수 있어 미세유체칩을 이용한 분석에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있다.

[0027] 본 발명의 국부 유속 조절 방법이 적용된 측방유동에 의한 미세유체칩은 가속유로를 다양한 용도의 분석용 칩에 적절하게 디자인하는 것에 의해 시료의 순차반응에 의한 분석용 미세유체칩으로 응용하여 사용할 수 있다. 보다 구체적으로는 효소면역분석법과 같은 순차적인 반응이 필요한 생화학분석을 위한 미세유체칩에 응용이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 일실시예에 의한 액체 수용부가 형성된 종이칩의 디자인 및 3차원 모식도.  
 도 2는 도 1의 실시예에서 액체 수용부의 형성 유무에 따른 종이칩에서의 유속을 보여주는 사진 및 그래프.  
 도 3은 액체 수용부와 유로의 간격이 유속에 미치는 영향을 보여주는 그래프.  
 도 4는 액체 수용부에 수용되는 액체의 증기압이 유속에 미치는 영향을 보여주는 이미지.  
 도 5는 다른 일실시예에 의한 액체 수용부가 형성된 종이칩의 디자인 및 3차원 모식도.  
 도 6은 도 5의 실시예에서 액체 수용부의 형성 유무에 따른 종이칩에서의 유속을 보여주는 사진 및 그래프.  
 도 7은 종래기술의 ELISA 분석을 위한 종이칩의 모식도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하 첨부된 실시예를 들어 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 이러한 실시예는 본 발명의 기술적 사상의 내용과 범위를 쉽게 설명하기 위한 예시일 뿐, 이에 의해 본 발명의 기술적 범위가 한정되거나 변경되는 것은 아니다. 이러한 예시에 기초하여 본 발명의 기술적 사상의 범위 안에서 다양한 변형과 변경이 가능함은 당업자에게는 당연할 것이다.

### [실시예]

#### [0031] 실시예 1 : 액체 수용부를 도입한 종이칩에서의 유체 가속 확인

#### [0032] 1) 액체 수용부의 형성이 유속에 미치는 영향 확인

[0033] 유로의 양 옆에 액체 수용부(liquid reservoir)를 두어 특정 유로에 선택적으로 국부 증기압을 증가시켰을 때 종이칩에서의 유속을 증가시킬 수 있을 것이라 예측하고 이를 실험을 통해 확인하였다.

[0034] 이를 위하여, Whatman 3MM chromatography paper에 Adobe illustrator CS6 프로그램을 사용하여 직경(내경) 12mm인 원형의 시료 주입부와 주입부에 연결된 폭 2mm, 길이 60.5mm의 유로 형상을 디자인하였다. 유로의 양측에는 1.5mm의 간격을 두고 폭 12.5mm, 길이 57.2mm의 액체 수용부를 디자인하였다. 유속의 비교를 위하여 액체 수용부가 형성되지 않은 종이칩을 함께 디자인하였다. 주입구의 하단에는 시료의 주입 시 종이 하단부를 통하여 시료가 외부로 유출되는 것을 막기 위하여 노란색 왁스로 원형 지지판을 인쇄하였다. 또한 시료 주입구에는 주입구보다 작은, 직경 11.5mm의 동심원 형상의 시료패드 링이 포함되도록 하여 시료 주입 시 시료가 유로에 직접 접촉하지 않도록 하였다.

[0035] 도 1의 (a)는 본 실시예에 의한 액체 수용부가 형성된 종이칩의 앞면(좌) 및 뒷면(우)의 디자인이며, (b)는 종래기술의 종래 액체 수용부가 형성되지 않은 종이칩의 앞면(좌) 및 뒷면(우)의 디자인을 보여준다. 상기 디자인의 패턴을 왁스프린터(Wax printer Xerox colorcube 8570)를 사용하여 앞뒷면의 유로의 형상은 검은색 왁스로, 샘플 패드 링은 노란색 왁스로 인쇄하였다. 이후 라미네이터(PhotoLami-350R10)를 이용하여 160℃에서 speed 2로 열처리하여, 앞면과 뒷면에 인쇄된 왁스가 종이 내부로 침투하여 패쇄된 유로를 형성하도록 하였다. 도 1의 (c)는 상기 방법에 의해 제조된 액체 수용부가 형성되거나(좌), 액체 수용부가 없는(우) 종이칩의 3차원

모식도이다.

[0036] 상기 방법에 의해 제조한 종이칩을 수평이 맞게 고정시키고, 각각의 액체 수용부에 증류수 1500 $\mu$ l를 피펫을 이용하여 떨어뜨렸다. 5개의 시료패드에 각각 증류수 120 $\mu$ l를 피펫을 이용하여 동시에 떨어뜨리고, 유로의 끝에 도달하는 시간을 측정하였다. 도 2에서 (a)는 액체 수용부의 형성 유무에 따른 종이칩에서의 유속을 보여주는 사진이고 (b)는 유로의 끝에 도달하는데 소요되는 시간을 보여주는 그래프이다. 도 2에서 확인할 수 있듯이 액체 수용부가 도입되지 않은 종래기술의 종이칩에서는 유체가 평균 18분 49초만에 유로의 끝에 도달한 반면, 액체 수용부를 도입한 종이칩에서는 12분 8초만에 유로의 끝에 도달하였다. 즉, 액체 수용부의 도입에 의해 유체는 6분 41초 더 빨리 유로의 끝에 도달하여, 약 1.55배 유속이 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 액체 수용부에 의한 국부 습도의 증가로 유로에서의 유체의 증발률이 낮아지기 때문으로 사료된다.

## [0037] 2) 액체 수용부와 유로의 간격이 유속에 미치는 영향 확인

[0038] 액체 수용부와 유로 사이의 간격이 유속에 미치는 영향을 확인하기 위하여 1)의 유로의 디자인에서 간격을 1.5, 5, 9 및 13 mm로 변경한 유로에 대해 이동시간을 1)과 동일한 방법에 의해 측정하였다. 도 3은 각 유로에서 시간에 따른 유체의 이동거리와 유로의 끝에 도달하는 시간을 보여주는 그래프로, 액체 수용부와 유로의 간격이 좁을수록 유체의 이동속도가 빠른 것을 확인할 수 있다. 간격이 1.5, 5, 9 및 13 mm인 유로에서 유체가 유로의 끝에 도달하는 시간은 각각 606, 665, 755, 788 초였다.

## [0039] 3) 액체 수용부에 수용되는 액체의 종류가 유속에 미치는 영향 확인

[0040] 액체 수용부에 수용되는 액체의 종류가 유속에 미치는 영향을 확인하기 위하여, 1)에서 제조한 종이칩의 액체 수용부에 각기 다른 농도의 설탕물을 넣고 유체의 유속을 측정하였다. 액체 수용부에 물 대신 각각 400, 800 및 1600 g/L 농도의 설탕물을 주입한 것을 제외하고는 1)과 동일한 방법에 의해 유속을 측정하였다. 도 4는 시료 주입 25분 후의 이동거리를 보여주는 이미지로, 설탕의 농도가 증가할수록 같은 시간 동안 유체의 이동거리가 짧은 것을 알 수 있다. 설탕의 농도가 진할수록 끓는 점은 높아지고 증기압은 낮아지므로, 상기 결과는 액체 수용부에 수용되는 액체의 증기압 특성에 따라 가속의 정도를 조절할 수 있음을 의미한다.

## [0041] 실시예 2 : 시료패드를 액체 수용부로 활용한 종이칩에서의 유체 가속 확인

[0042] 액체 수용부에 액체를 따로 넣어주는 번거로움을 없앨 수 있도록 시료패드 자체를 액체 수용부로 사용할 수 있는 종이칩의 유로 디자인의 유용성을 확인하였다. 도 5의 (a)는 시료패드가 액체 수용부의 역할을 하는 종이칩 유로의 모식도이며, (b)와 (c)는 각각 종이 앞면과 뒷면을 Adobe Illustrator SC6으로 디자인한 것이다. 종이칩의 제조방법은 실시예 1과 동일하며, 디자인에 사용된 각 수치는 표 1에 기재하였다.

표 1

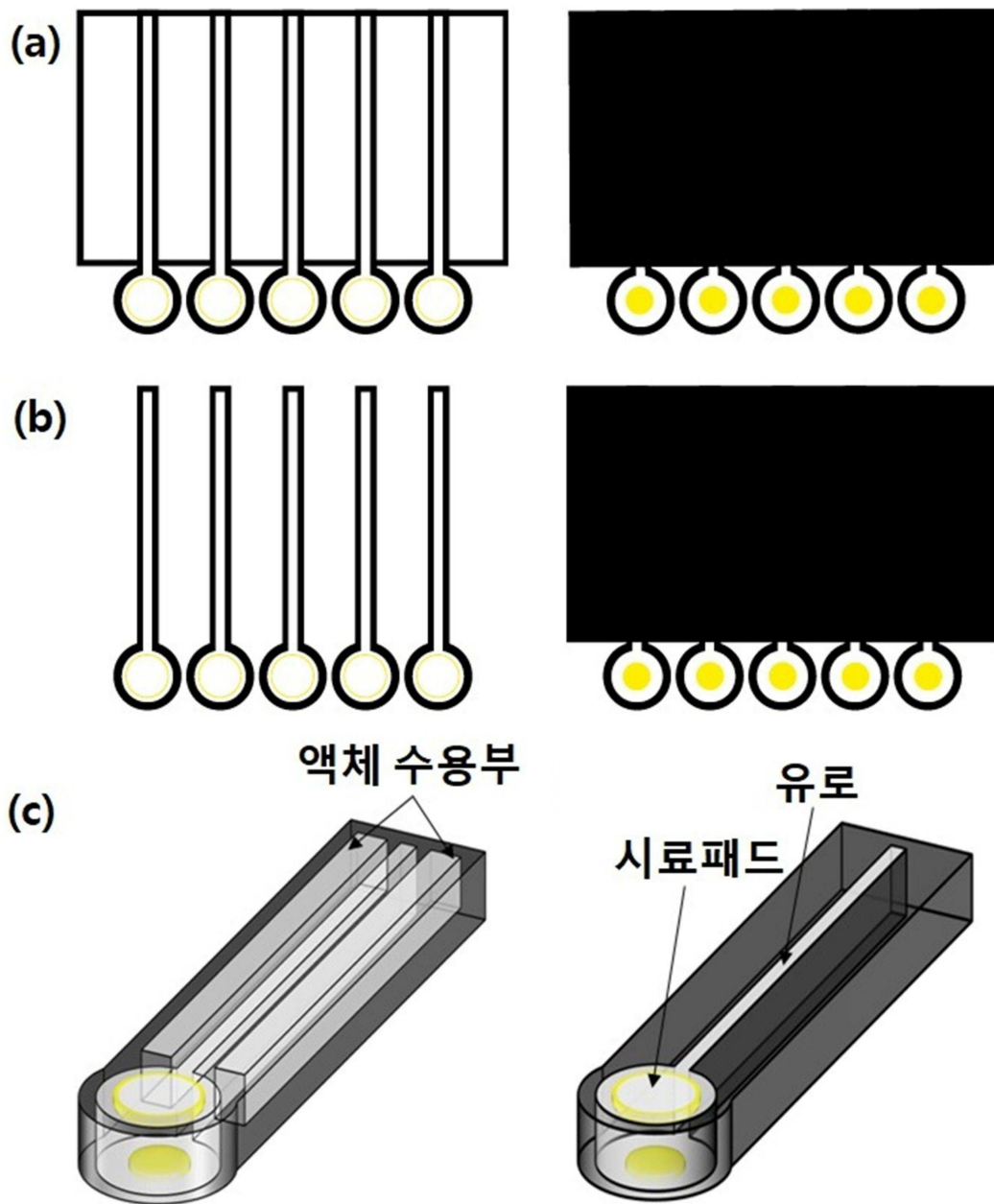
| 구성요소 | 크기        |
|------|-----------|
| 유로폭  | 2mm       |
| 간격   | 1mm       |
| 시료패드 | 13mm*26mm |

[0043]

[0044] 완성된 종이칩에서 유체의 흐름을 관찰하기 용이하도록 한쪽 경로의 모서리에는 빨간잉크(Magenta)를, 다른쪽 경로의 모서리에는 파란잉크(Cyan)를 2 $\mu$ l씩 각각 흡착시킨 후 건조하였다. 잉크가 건조된 종이칩을 수평이 맞도록 고정시키고 시료패드에 증류수 800 $\mu$ l씩을 피펫을 이용하여 떨어뜨린 후, 유체의 흐름을 관측하였다. 도 6의 (a)는 시간의 경과에 따른 종이칩의 사진이며, (b)는 각각의 유로의 끝에 도달하는 데 걸리는 시간을 그래프로 도시한 것이다. 도 6에서 확인할 수 있듯이, 유체가 끝까지 도착하는데 걸리는 평균시간은 파란잉크로 염색한 경로는 22분 17초, 빨간잉크로 염색한 경로는 25분으로 파란잉크로 염색한 경로가 약 2분 43초 더 빨랐다. 이는 시료패드가 액체 수용부의 역할을 동시에 수행하여 인근 유로에서의 유속을 상대적으로 가속시킬 수 있음을 보여주는 것이다.

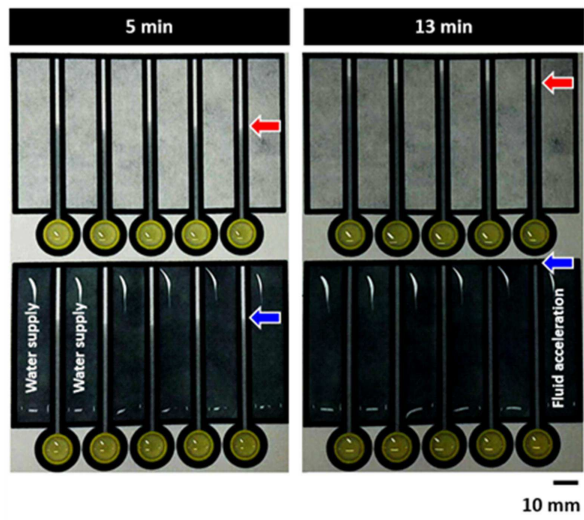
도면

도면1



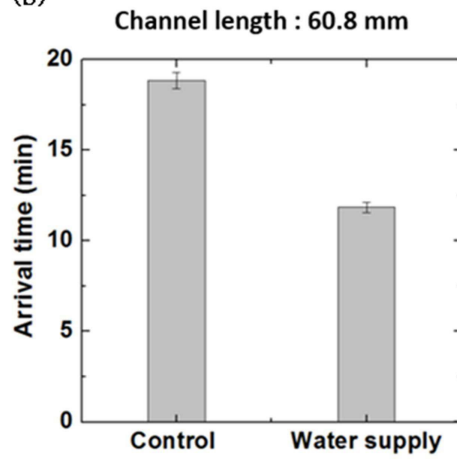
도면2

(a)



Temperature : 25.3 C  
Humidity : ~ 25 %

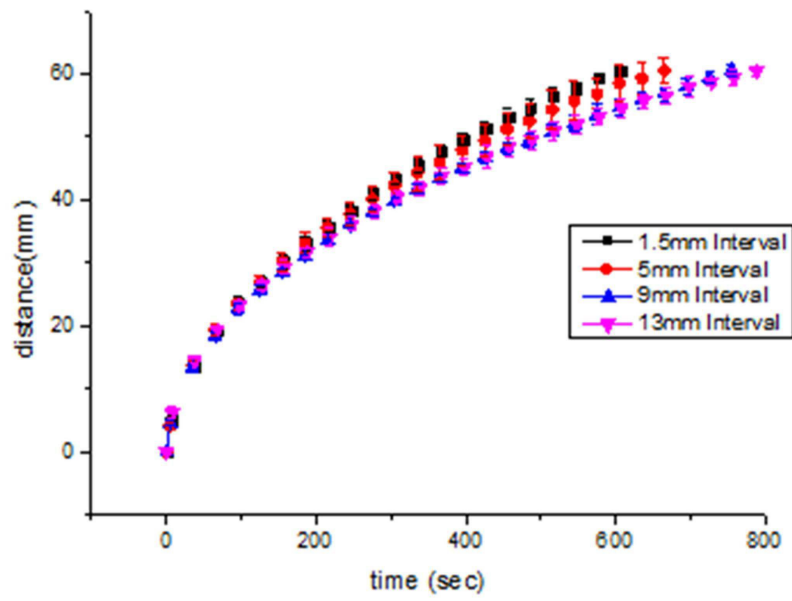
(b)



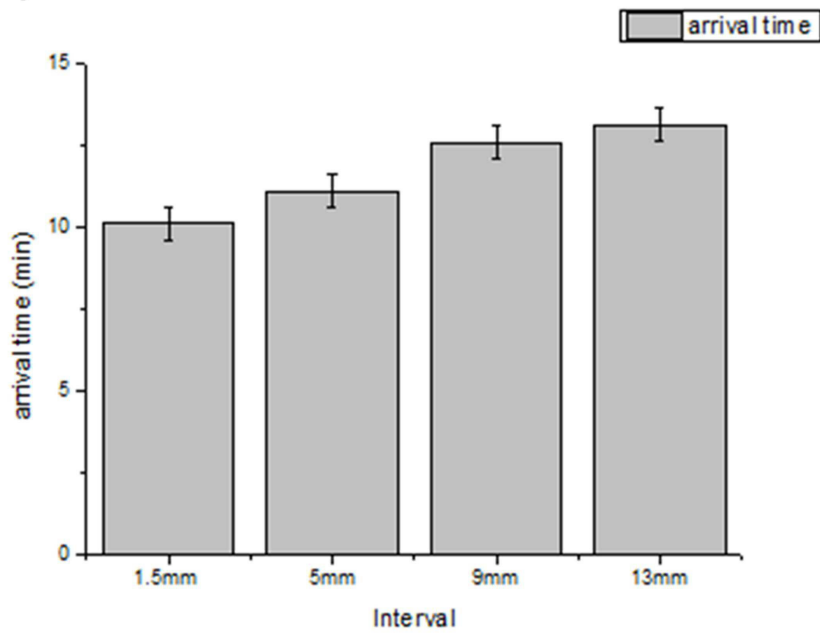
Time reduction : 7 min  
(Fluid acceleration)

도면3

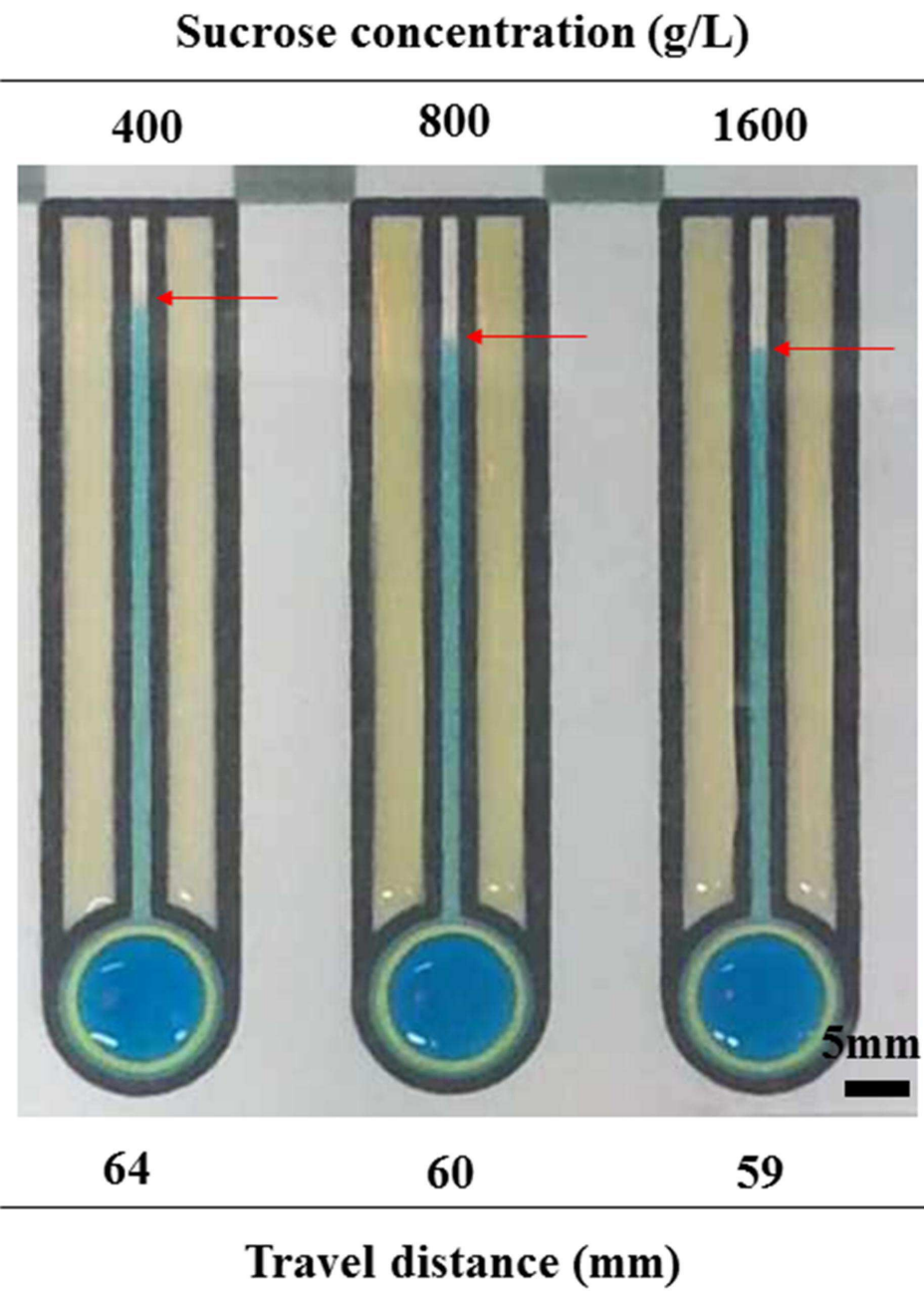
(A)



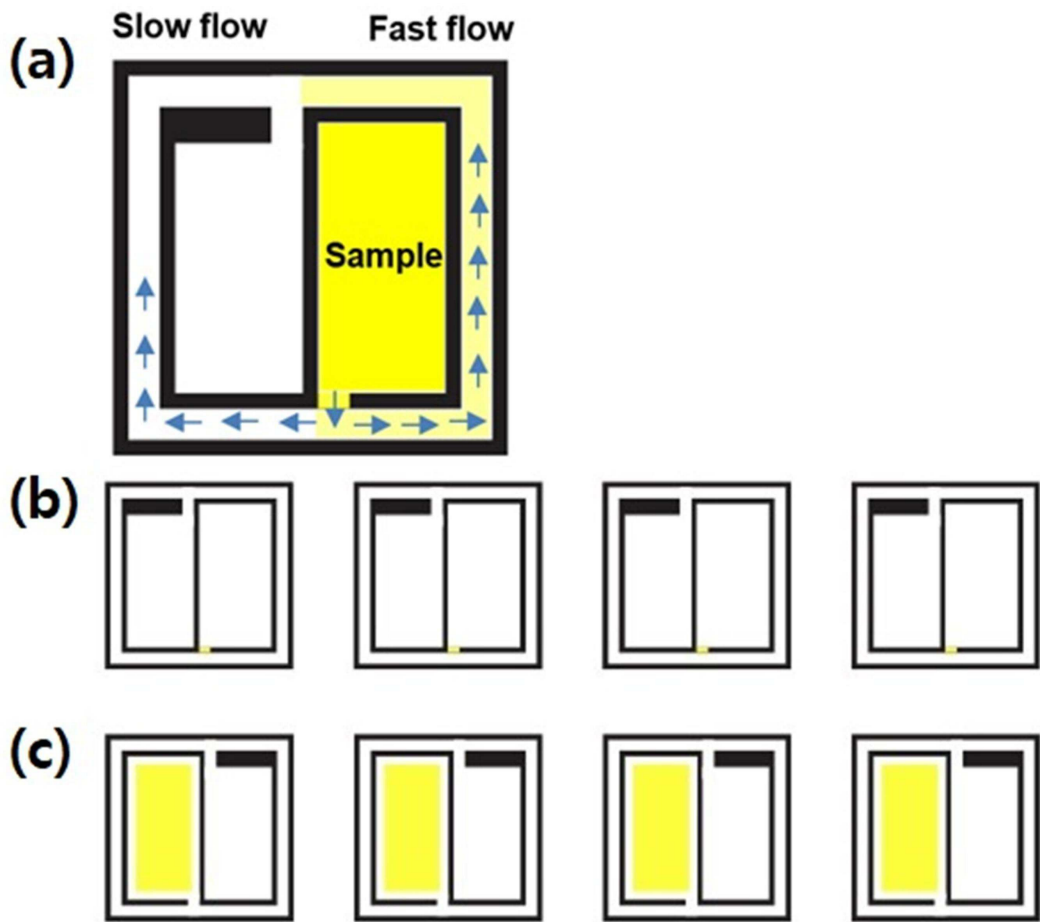
(B)



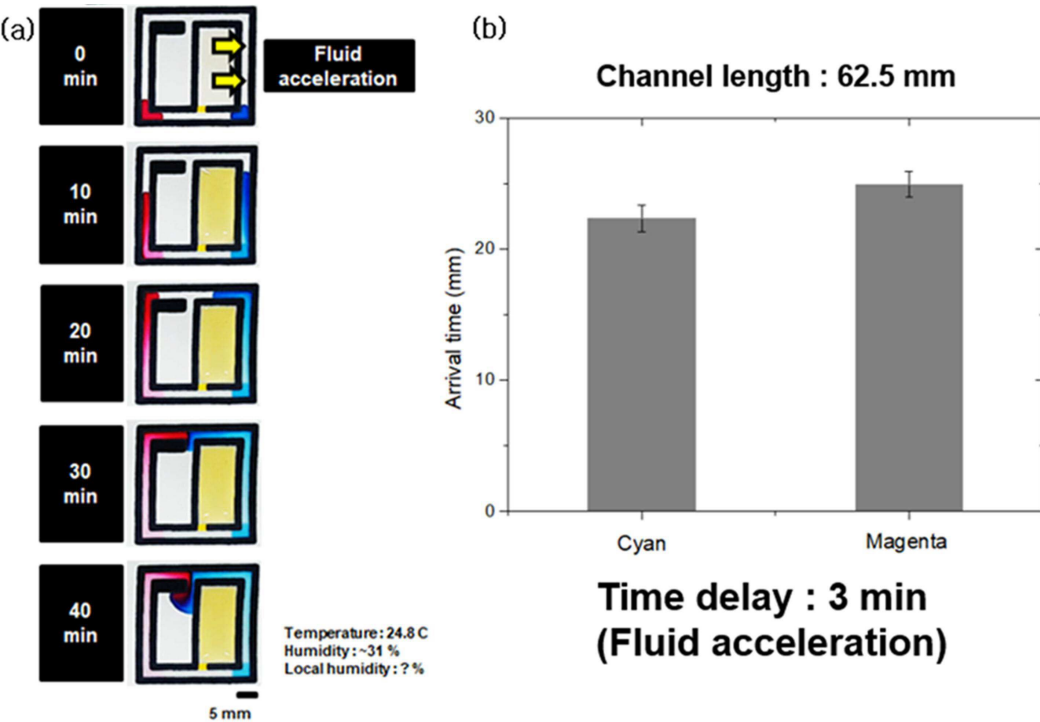
도면4



도면5



도면6



도면7

