



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년10월18일  
 (11) 등록번호 10-1787407  
 (24) 등록일자 2017년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B01L 7/00 (2006.01) G01N 35/00 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 B01L 7/00 (2013.01)  
 G01N 35/00 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2015-0138151  
 (22) 출원일자 2015년09월30일  
 심사청구일자 2015년09월30일  
 (65) 공개번호 10-2017-0038573  
 (43) 공개일자 2017년04월07일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2007268395 A\*  
 KR200332786 Y1\*  
 Study on ice slurry production by water  
 spray(B.S. Kim, IJR 24, 2001)  
 JP2002544494 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**명지대학교 산학협력단**  
 경기도 용인시 처인구 명지로 116 (남동, 명지대  
 학교)  
 (72) 발명자  
**김도현**  
 경기도 성남시 분당구 정자로 112 508동 2401호  
**송진**  
 서울시 금천구 독산2동 시흥대로80길 29-11 신안  
 빌라 가동 102호  
**김이연**  
 경기도 이천시 증리천로 51 라온팰리스 903호  
 (74) 대리인  
**이우영, 이은철**

전체 청구항 수 : 총 5 항

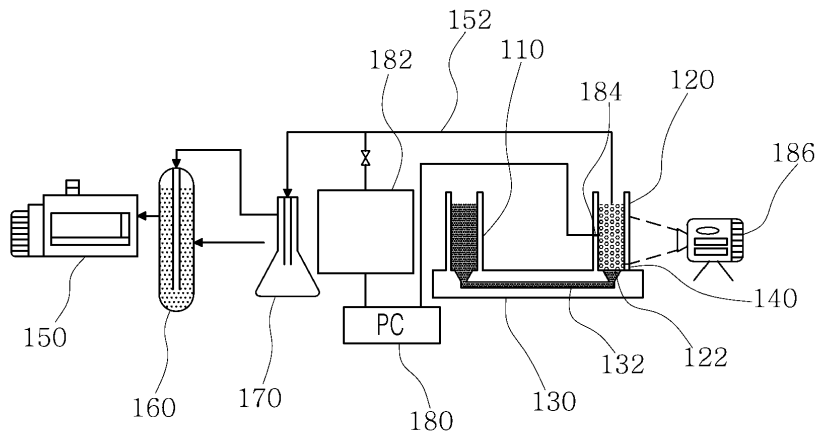
심사관 : 인치현

(54) 발명의 명칭 **미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치**

**(57) 요약**

본 발명은 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에 관한 것으로, 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용함으로써 냉각 및 냉동을 위해 에너지 소비가 큰 외부 장치에 의존하지 않고도 냉각이 이루어질 수 있도록 함에 그 목적이 있다. 이를 위해 구성되는 본 발명은 수용액 기반의 냉매가 충전되어 저장되는 용액 저장탱크; 용액 저장탱크로부터 공급된 냉매를 진공상태에서 미세한 액적으로 분산되도록 하는 미소유체 진공챔버; 용액 저장탱크와 미소유체 진공챔버를 연결하여 미소유체 진공챔버 내부의 진공시 용액 저장탱크에 저장된 냉매가 유동되도록 유로가 형성된 피펫관; 피펫관과 미소유체 진공챔버 사이에 형성되어 분사되는 공기제트를 통해 냉매를 미세액적으로 분산시키는 오리피스; 및 미소유체 진공챔버를 진공화시키는 진공펌프를 포함한 구성으로 이루어진다.

**대표도 - 도1**



(52) CPC특허분류

B01L 2300/1894 (2013.01)

G01N 2035/00425 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415140539

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 글로벌전문기술개발(주력및신산업)

연구과제명 CMOS/MEMS 하이브리드 바이오센서 어레이플랫폼개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)랩지노믹스

연구기간 2015.06.01 ~ 2018.05.31

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

수용액 기반의 냉매가 충전되어 저장되는 용액 저장탱크;

상기 용액 저장탱크로부터 공급된 냉매의 분출이 이루어지는 스루홀이 형성된 미소유체 진공챔버;

상기 용액 저장탱크와 미소유체 진공챔버를 연결하여 상기 미소유체 진공챔버 내부의 진공시 상기 용액 저장탱크에 저장된 냉매가 유동되도록 유로가 형성된 피펫관;

상기 피펫관과 상기 미소유체 진공챔버 사이에 형성되어 분사되는 공기제트를 통해 냉매를 미세액적으로 분산시키는 오리피스;

상기 미소유체 진공챔버를 진공화시키는 진공펌프;

상기 진공펌프와 미소유체 진공챔버 사이에 배치되어 수분을 제거하여 습기가 상기 진공펌프에 유입되는 것을 방지하는 습분트랩; 및

상기 습분트랩과 미소유체 진공챔버 사이에 배치되어 상기 진공펌프에 의해 상기 미소유체 진공챔버 내부가 진공이 되면 감압이 이루어지도록 하는 감압 플라스크를 포함하는 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 감압 플라스크와 미소유체 진공챔버 사이에는 진공압력을 측정하는 압력게이지가 더 구성된 것을 특징으로 하는 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 용액 저장탱크와 미소유체 진공챔버 각각에는 상기 용액 저장탱크에 저장된 냉매의 온도와 상기 미소유체 진공챔버 내부의 수증기 온도를 측정하는 미소열전대가 더 구성된 것을 특징으로 하는 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 압력게이지에 의해 측정된 진공압력 데이터와 상기 미소열전대에 의해 측정된 온도데이터를 수집 저장하여 모니터링이 이루어질 수 있도록 하는 모니터링용 PC가 더 구성된 것을 특징으로 하는 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 미소유체 진공챔버 내부에서 냉각 과정을 촬영하는 카메라가 더 구성되는 것을 특징으로 하는 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치.

### 발명의 설명

**기술분야**

[0001] 본 발명은 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 미소유체 디바이스에서 수용액을 분산시켜 만든 미소 액적을 진공에서 증발을 통해 열을 효과적으로 제거함으로써 냉각이 이루어질 수 있도록 한 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 일반적으로, 정확한 온도제어는 생화학적 분석(PCR, 단백질의 결정화 등), 생명과학연구(냉각에 의한 세포 손상, 얼음과 세포의 상호작용 등) 및 미소유체 제어(온도 감응형 밸브, 열영동에 의한 유동 등)를 포함한 다양한 미소유체공학의 응용분야에 필수적인 기술이다.

[0003] 한편, 가열(Joule heating)과 대조적으로 냉각은 미소유체 디바이스에 집적하기 쉽지 않아 현재는 부피가 크고 에너지 소비가 많은 외부장치에 의존하고 있는 상태이다[펠티어(peltier)냉각, 냉각수 순환방식의 냉각, 고압의 공기입자의 충돌을 통한 냉각 등].

[0004] 최근, 냉매(아세톤, 에탄올, 에틸에테르 등)와 기체(공기, 질소 등)의 두 층류가 만나 발생하는 흡열반응을 이용한 집적된 미소유체 냉각 시스템에 관한 연구가 발표되었다.

[0005] 그러나, 사용된 냉매가 독성이 있고 가연성이라는 점과 고압의 가스탱크를 사용해야 하는 단점으로 이 방식은 널리 사용되지 않고 있다.

[0006] 한편, Guijt 등 과 Maltezos 등은 증발 냉각을 기반으로 한 집적된 온도제어를 연구하였다. 냉매(아세톤, 에탄올, 이소프로필 알코올, 에틸 에테르 등)와 가스(공기, 질소 등)의 흐름이 Y자 형태의 미소채널에서 섞이고, 냉매가 증발하면서 흡열반응으로 열을 제거한다. 공기와 아세톤을 이용한 경우 -4 °C의 보통정도의 냉각온도와 1 °C/s의 냉각률을 얻었다.

[0007] 그러나, 전술한 바와 같은 이전 연구들의 근본적인 한계점은 인화성이며, 인체에 유해한 냉매를 사용했고 가압된 기체 탱크를 사용했다는 점이다. 게다가 Y자 형태의 미소채널 칩의 디자인이 1자 미소채널로 더 간단하게 제작되었다면 집적도를 더 높일 수 있었을 것이다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2013-0106453호(2013.09.27.자 공개)
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허공보 제2010-0089826호(2010.08.12.자 공개)
- (특허문헌 0003) 대한민국 공개특허공보 제2005-0090822호(2005.09.14.자 공개)
- (특허문헌 0004) 대한민국 공개특허공보 특2002-0097093호(2002.12.31.자 공개)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 종래 기술의 제반 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용함으로써 냉각 및 냉동을 위해 에너지 소비가 큰 외부 장치에 의존하지 않고도 냉각이 이루어질 수 있도록 한 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치를 제공함에 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명에 따른 기술의 다른 목적은 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용하되 사용되는 냉매를 초순수를 사용함으로써 독성이면서 가연성인 냉매를 사용하는 경우 고압의 가스탱크를 사용해야 하는 단점을 해소할 수 있도록 함에 그 목적이 있다.

[0011] 아울러, 본 발명에 따른 기술의 또 다른 목적은 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용하되 사용되는 냉매를 초순수를 사용하는 구조의 냉각장치에서 미소채널 칩의 디자인을 1자 미소채널로 간단하게 제작함으로써 집적도를 더 높일 수 있도록 함에 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0012]    기술한 목적을 달성하기 위해 구성되는 본 발명은 다음과 같다. 즉, 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치는 수용액 기반의 냉매가 충전되어 저장되는 용액 저장탱크; 용액 저장탱크로부터 공급된 냉매를 진공상태에서 미세한 액적으로 분산되도록 하는 미소유체 진공챔버; 용액 저장탱크와 미소유체 진공챔버를 연결하여 미소유체 진공챔버 내부의 진공시 용액 저장탱크에 저장된 냉매가 유동되도록 유로가 형성된 피켓관; 피켓관과 미소유체 진공챔버 사이에 형성되어 분사되는 공기제트를 통해 냉매를 미세액적으로 분산시키는 오리피스; 및 미소유체 진공챔버를 진공화시키는 진공펌프를 포함한 구성으로 이루어진다.
- [0013]    기술한 바와 같은 본 발명에 따른 구성에서 진공펌프와 미소유체 진공챔버 사이에는 공기 중에 수분을 제거하여 습기가 진공펌프에 유입되는 것을 방지하는 건조제가 채워진 습분트랩이 더 구성될 수 있다.
- [0014]    그리고, 본 발명에 따른 구성에서 습분트랩과 미소유체 진공챔버 사이에는 진공펌프에 의한 미소유체 진공챔버 내부의 진공시 감압이 이루어지도록 하는 감압 플라스크가 더 구성될 수 있다.
- [0015]    또한, 본 발명에 따른 구성에서 감압 플라스크와 미소유체 진공챔버 사이에는 진공압력을 측정하는 압력게이지가 더 구성될 수 있다.
- [0016]    한편, 본 발명에 따른 구성에서 용액 저장탱크와 미소유체 진공챔버 각각에는 용액 저장탱크에 저장된 냉매의 온도와 미소유체 진공챔버 내부의 수증기 온도를 측정하는 미소열전대가 더 구성될 수 있다.
- [0017]    아울러, 본 발명에 따른 구성에서 압력게이지에 의해 측정된 진공압력 데이터와 미소열전대에 의해 측정된 온도 데이터를 수집 저장하여 모니터링이 이루어질 수 있도록 하는 모니터링용 PC가 더 구성될 수 있다.
- [0018]    더구나, 본 발명에 따른 구성에는 미소유체 진공챔버 내부에서 냉각 과정을 촬영하는 카메라가 더 구성될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0019]    본 발명의 기술에 따르면 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용함으로써 냉각 및 냉동을 위해 에너지 소비가 큰 외부 장치에 의존하지 않고도 냉각이 이루어질 수 있도록 한다는 장점이 있다.
- [0020]    또한, 본 발명에 따른 기술은 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용하되 사용되는 냉매를 초순수를 사용함으로써 독성이면서 가연성인 냉매를 사용하는 경우 고압의 가스탱크를 사용해야 하는 단점을 해소할 수가 있다.
- [0021]    아울러, 본 발명에 따른 기술은 간단하면서도 효율적인 냉각 디바이스를 이용하되 사용되는 냉매를 초순수를 사용하는 구조의 냉각장치에서 미소채널 칩의 디자인을 1차 미소채널로 간단하게 제작함으로써 집적도를 더 높일 수가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0022]    도 1 은 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치를 보인 구성도.
- 도 2 는 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에서 스루홀로부터 용액이 나오고 있는 오리피스를 통해 분사된 공기제트와 용액의 충돌에 의해 미소액적으로 분사되는 상태를 보인 확대 구성도.
- 도 3 은 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에서 액적이 진공에서 빠르게 증발되어 온도가 내려가고 용액이 어는 상태를 보인 구성도.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0023]    이하에는 도면을 참조하여 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치의 바람직한 실시 예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0024]    도 1 은 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치를 보인 구성도, 도 2 는 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에서 스루홀로부터 용액이 나오고 있는 오리피스를 통해 분사된 공기제트와 용액의 충돌에 의해 미소액적으로 분사되는 상태를 보인 확대 구성도, 도 3 은 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치에서 액적이 진공에서 빠

르게 증발되어 온도가 내려가고 용액이 어는 상태를 보인 구성도이다.

- [0025] 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치는 온도 제어와 얼음 생성을 위한 물 기반의 증발 냉각에 대한 기술로, 물을 선택한 이유는 인체에 무해하고 냉매로써의 성능이 좋기 때문이다.
- [0026] 도 1 내지 도 3 에 도시된 바와 같이 본 발명에 따른 미립화된 수용액 방울의 증발냉각을 이용한 미소유체 냉각장치(100)는 수용액 기반의 냉매가 충전되어 저장되는 용액 저장탱크(110), 용액 저장탱크(110)로부터 공급된 냉매를 진공상태에서 미세한 액적으로 분산되도록 하는 미소유체 진공챔버(120), 용액 저장탱크(110)와 미소유체 진공챔버(120)를 연결하여 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공시 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매가 유동되도록 유로(132)가 형성된 피펫관(130), 피펫관(130)과 미소유체 진공챔버(120) 사이에 형성되어 분사되는 공기제트를 통해 냉매를 미세액적으로 분산시키는 오리피스(140) 및 미소유체 진공챔버(120)를 진공화시키는 진공펌프(150)를 포함한 구성으로 이루어진다.
- [0027] 전술한 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)는 도 1 에 도시된 바와 같이 유로(132)가 형성된 피펫관(플라스틱 관 : 130)을 수평한 형태의 미소유체 채널에 접착하여 일측에 용액 저장탱크(110)를 만들었고, 피펫관(130)의 타측에 오리피스(140)를 가공하여 만든 뒤 접착하여 미소유체 진공챔버를 구성하였다. 이때, 용액 저장탱크(110)와 미소유체 진공챔버(120)의 하단은 피펫관(130)의 유로(132) 양끝단에 연결된 구성으로 이루어진다.
- [0028] 그리고, 전술한 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)의 구성에서 용액 저장탱크(110)에는 수용액 기반의 냉매로 초순수(DI water)이나 에틸렌글리콜 용액 또는 BSA 용액을 충전하여 저장하였다. 이때, 미소유체 진공챔버(120)는 진공펌프(150)와 진공파이프(152)를 통해 연결하였다.
- [0029] 전술한 바와 같이 구성된 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)는 진공펌프(150)의 작동에 의해 진공을 가하는 순간 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공이 이루어지면서 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매가 피펫관(130)의 유로(132)를 통해 유동되어 미소유체 진공챔버(120) 하단의 피펫관(130)의 유로(132) 끝단에 형성된 스루홀(122)을 통해 미소유체 진공챔버(120)의 내부로 분출된다.
- [0030] 한편, 전술한 바와 같이 미소유체 진공챔버(120) 하단의 피펫관(130)의 유로(132) 끝단에 형성된 스루홀(122)을 통해 미소유체 진공챔버(120)의 내부로 분출되는 냉매는 오리피스(140)를 통해 분사되는 공기제트에 의해 미세한 액적으로 분산된다. 그 결과 미세한 액적은 빠르게 도 2 에서와 같이 증발하게 된다.
- [0031] 다음으로, 전술한 바와 같이 냉매가 오리피스(140)를 통해 분사되는 공기제트에 의해 미세한 액적으로 분산되는 과정에서 액적이 빠르게 증발하게 되면 증발에 의해 열이 제거되며, 미소유체 진공챔버(120) 내부의 온도는 도 3 의 (a), (b), (c) 및 (d)에서와 같이 수용액이 얼음으로 열때까지 감소하게 된다.
- [0032] 전술한 바와 같은 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)의 구성에는 진공을 가하는 경우 공기 중에 수분을 제거하여 습기가 진공펌프(150)에 유입되는 것을 방지하는 건조체가 채워진 습분트랩(160)이 구성되고, 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공시 감압이 이루어지도록 하는 감압 플라스크(170)가 구성된다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따른 기술에는 미소유체 냉각과정을 모니터링 할 수 있도록 압력게이지(182), 미소열전대(184), 모니터링용 PC(180) 및 카메라(186)가 구성된다. 이때, 압력게이지(182)와 미소열전대(184)는 모니터링용 PC(180)와 연결되어진다. 물론, 카메라(186) 역시 모니터링용 PC(180)에 연결될 수도 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)를 구성하는 각각의 구성요소를 보다 상세하게 설명하면 다음과 같다. 먼저, 본 발명을 구성하는 용액 저장탱크(110)는 냉매가 저장되는 것으로, 이러한 용액 저장탱크(110)는 도 1 에 도시된 바와 같이 수용액 기반의 냉매가 충전되어 저장되어진다. 이때, 용액 저장탱크(110)는 피펫관(130)의 일측 상부에 구성되어 유로(132)의 일측과 하단이 연결된다.
- [0035] 전술한 바와 같은 용액 저장탱크(110)의 구성에서 용액 저장탱크(110)의 내부에 충전 저장되는 수용액 기반의 냉매로는 초순수(DI water)이나 에틸렌글리콜 용액 또는 BSA 용액이 충전 저장될 수 있다. 이때, 본 발명에서는 냉매로 초순수(DI water)를 사용하였다.
- [0036] 한편, 전술한 바와 같이 본 발명에서 냉매로 초순수(DI water)를 사용한 이유는 인체에 무해하고 냉매로써의 성능이 좋기 때문이다. 낮은 압력(~9.3 kPa)과 큰 표면적대체적비 (Surface-volume ratio)에 의해 분산된 액적이 빠르게 증발하고 따라서 효과적으로 열을 제거한다.
- [0037] 본 발명에서와 같은 구성으로 실험한 결과 미소유체 진공챔버(120)에 진공을 가하는 즉시 온도는 5.1 °C/s의 빠



른 속도로 감소하였고, 최저 냉각 온도는 -14.1 °C까지 도달하였다. 또한, 외부 냉각기 없이도 물을 냉매로 사용하여 얼음을 생성하고 생체 유체(biofluid)를 얼릴 수 있었다.

- [0038] 다음으로, 본 발명을 구성하는 미소유체 진공챔버(120)는 냉매를 진공상태에서 미세한 액적으로 분산되도록 하는 것으로, 이러한 미소유체 진공챔버(120)는 도 1 에 도시된 바와 같이 피펫관(130)의 타측 상부에 구성되어 유로(132)의 타측과 하단이 연결된다. 이때, 미소유체 진공챔버(120)의 하단에는 냉매의 분출이 이루어지는 스루홀(122)이 형성된다.
- [0039] 전술한 바와 같이 구성된 미소유체 진공챔버(120)는 진공펌프(150)에 의해 진공이 이루어지는 순단 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매가 피펫관(130)의 유로(132)를 통해 유동되어 하단의 스루홀(122)을 통해 미소유체 진공챔버(120)의 내부로 냉매의 분출이 이루어진다.
- [0040] 다음으로, 본 발명을 구성하는 피펫관(130)은 진공펌프(150)를 통해 미소유체 진공챔버(120) 내부에 진공을 가하는 경우 냉매의 유동이 이루어지도록 하는 것으로, 이러한 피펫관(130)은 도 1 및 도 2 에 도시된 바와 같이 용액 저장탱크(110)와 미소유체 진공챔버(120)를 연결하여 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공시 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매가 유동되도록 유로(132)가 형성된 구성으로 이루어진다.
- [0041] 전술한 바와 같이 구성된 피펫관(130)은 일직선의 미소유체 채널에 접촉하여 일측에 용액 저장탱크(110)를 구성하고, 피펫관(130)의 타측에 오리피스(140)를 가공하여 구성된 다음 접촉하여 미소유체 진공챔버(120)를 구성하였다. 이때, 피펫관(130)은 수평한 구조로 구성하였다.
- [0042] 다음으로, 본 발명의 구성하는 오리피스(140)는 공기제트를 분사하기 위한 것으로, 이러한 오리피스(140)는 도 1 및 도 2 에 도시된 바와 같이 피펫관(130)과 미소유체 진공챔버(120) 사이에 형성되어 분사되는 공기제트를 통해 냉매를 미세액적으로 분산시키는 구성으로 이루어진다.
- [0043] 보다 상세하게 설명하면, 도 1 및 도 2 에 도시된 바와 같이 피펫관(130)의 유로(132) 타측 끝단에 오리피스(140)를 가공하여 형성한 다음 미소유체 진공챔버(120)를 접촉하여 구성하였다. 이때, 오리피스(140)에는 공기제트를 발생시키는 공기제트 발생기(도시하지 않음)에 의해 발생된 공기제트의 분사가 이루어진다.
- [0044] 전술한 바와 같이 진공펌프(150)의 작동에 의해 미소유체 진공챔버(120)의 내부에 진공이 가해지면 미소유체 진공챔버(120)의 내부로 스루홀(122)을 통해 냉매의 분출이 이루어진다. 이때, 오리피스(140)를 통해 공기제트의 분사가 이루어지면 냉매는 오리피스(140)를 통해 분사되는 공기제트에 의해 미세한 액적으로 분산되어진다.
- [0045] 다음으로, 본 발명을 구성하는 진공펌프(150)는 미소유체 진공챔버(120)의 내부에 진공을 가하기 위한 것으로, 이러한 진공펌프(150)는 도 1 에 도시된 바와 같이 진공파이프(152)를 통해 미소유체 진공챔버(120)와 연결되어 작동에 의해 미소유체 진공챔버(120) 내부를 진공으로 만들게 된다.
- [0046] 전술한 바와 같은 진공펌프(150)의 가동이 이루어져 미소유체 진공챔버(120)의 내부에 진공이 형성되면 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공압에 의해 용액 저장탱크(110) 내부에 저장된 냉매가 피펫관(130)의 유로(132)를 통해 유동되어 미소유체 진공챔버(120) 하단의 스루홀(122)을 통해 미소유체 진공챔버(120)의 내부로 분출되어진다.
- [0047] 다음으로, 본 발명을 구성하는 습분트랩(160)은 진공펌프(150)의 가동에 따라 미소유체 진공챔버(120)의 내부의 공기를 흡입하는 과정에서 습기를 제거하기 위한 것으로, 이러한 습분트랩(160)은 도 1 에 도시된 바와 같이 진공펌프(150)와 미소유체 진공챔버(120) 사이에 설치되어 미소유체 진공챔버(120)로부터 흡입되는 공기 중에 수분을 제거하게 된다.
- [0048] 전술한 바와 같이 구성되는 습분트랩(160)은 습기가 진공펌프(150)에 유입되는 것을 방지하는 건조제가 채워진 구성으로 이루어진다.
- [0049] 다음으로, 본 발명을 구성하는 감압 플라스크(170)는 진공에 따른 감압이 이루어질 수 있도록 하는 것으로, 이러한 감압 플라스크(170)는 도 1 에 도시된 바와 같이 습분트랩(160)과 미소유체 진공챔버(120) 사이에 설치되어 진공펌프(150)에 의한 미소유체 진공챔버(120) 내부의 진공시 감압이 이루어지도록 한다.
- [0050] 전술한 바와 같은 감압 플라스크(170)에 의한 감압은 정상 속도보다 빨리 상승했을 경우 생길 수 있는 문제를 최소화하기 위해 지연역할을 하는 시간이 될 수 있도록 함은 물론, 규정속도를 상승한다고 할지라도 기압이 낮아지므로 인해 어쩔 수 없이 발생할 수 있는 문제를 보다 더 감소시킬 수 있는 시간을 주기 위함이다.
- [0051] 다음으로, 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)에 의한 미소유체 냉각과정을 모니터링하기 위한 구성으로,

압력게이지(182)는 감압 플라스크(170)와 미소유체 진공챔버(120) 사이에 설치되어 진공압력을 측정하고, 미소열전대(184)는 용액 저장탱크(110)와 미소유체 진공챔버(120) 각각에 설치되어 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매의 온도와 미소유체 진공챔버(120) 내부의 수증기 온도를 측정하게 된다.

[0052] 한편, 전술한 바와 같은 압력게이지(182)와 미소열전대(184)는 데이터를 수집 저장하는 모니터링용 PC(180)와 연결된다. 이에 따라, 압력게이지(182)에 의해 측정되는 진공압력 데이터 및 미소열전대(184)에 의해 측정되는 용액 저장탱크(110)에 저장된 냉매와 미소유체 진공챔버(120) 내부의 수증기 온도 데이터는 모니터링용 PC(180)에 의해 수집 저장되어 관리자로 하여금 모니터링이 가능하도록 한다.

[0053] 또한, 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100)의 구성에는 미소유체 진공챔버(120) 내부에서 미소유체의 냉각이 이루어지는 과정을 촬영하는 카메라(186)가 더 구성되는데, 이러한 카메라(186)는 동영상으로 촬영하기 위한 비디오 카메라의 구성으로 이루어질 수 있다.

[0054] [실험 예]

[0055] 도 1 은 본 실험에서 사용된 실험 장비를 보여준다. 일회용 피펫(플라스틱 관)을 일직선의 미소 유체 채널에 접착하여 용액 저장탱크를 구성하였고, 동일한 플라스틱 관에 오리피스를 가공하여 만든 뒤 접착하여 진공챔버를 만들었다. 용액 저장탱크에는 수용액 기반의 냉매(초순수, 에틸렌글리콜 용액, BSA 용액)를 채웠으며, 미소유체 진공챔버는 진공펌프와 연결하였다. 공기 중에 수분을 제거하여 습기가 진공펌프에 들어가지 못하도록 습분 트랩(moisture trap)을 설치하였다.

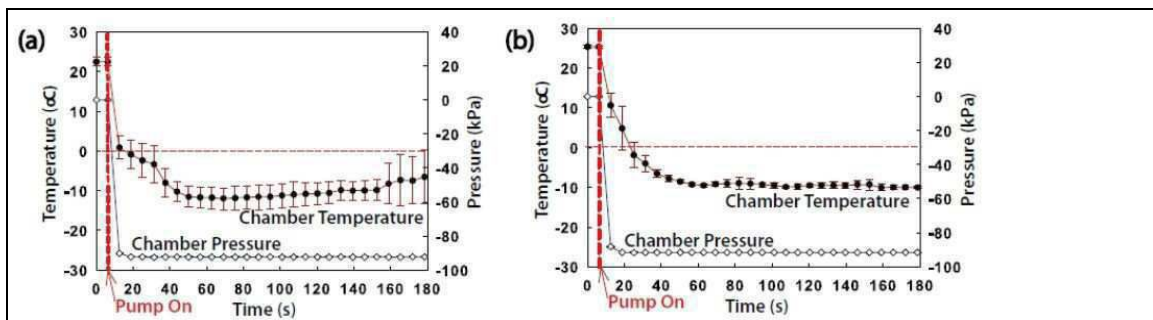
[0056] 전술한 바와 같은 구성된 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치의 구성에서 진공을 가하는 순간 미세유체 칩의 스루홀(through-hole)에서 물이 솟아 나오고, 이 물은 오리피스를 통해 분사되는 공기 제트에 의해 미세한 액적으로 분산된다. 이에 따라 도 2 에 도시된 바와 같이 액적이 빠르게 증발한다. 증발에 의해 열이 제거되며, 미소유체 진공챔버 안의 온도는 도 3 에 도시된 바와 같이 수용액이 얼음으로 얼 때까지 감소한다.

[0057] 한편, 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치에서 미소열전대(지름 130 μm)를 사용하여 액적과 공기의 흐름을 최대한 방해하지 않으면서 미소유체 진공챔버의 온도를 측정하였다. 디지털 압력계로 미소유체 진공챔버의 압력을 모니터링 하였고, 온도와 압력 데이터는 데이터획득보드(DAQ보드)와 모니터링용 PC를 이용하여 수집하였다. 디지털 카메라를 사용하여 미소유체 진공챔버 안에서 얼음이 생성되는 과정과 단백질 용액이 어는 과정을 이미지로 촬영하였다.

[0058] [실험 결과]

[0059] 물 기반의 증발냉각을 입증하기 위해 다양한 실험을 수행하였다. 표 1 의 (a)는 초순수를 사용했을 때 미소유체 진공챔버 안의 온도 변화를 시간의 함수로 보여준다. 이때, 주위 온도는 대략 24℃였다. 진공을 가한 뒤 (Pump On) 온도가 가파르게 감소하여 평균 11.2초 안에 어는점(0℃)에 도달하였으며, 이때 냉각률은 2.1 ℃/s 이었다.

표 1



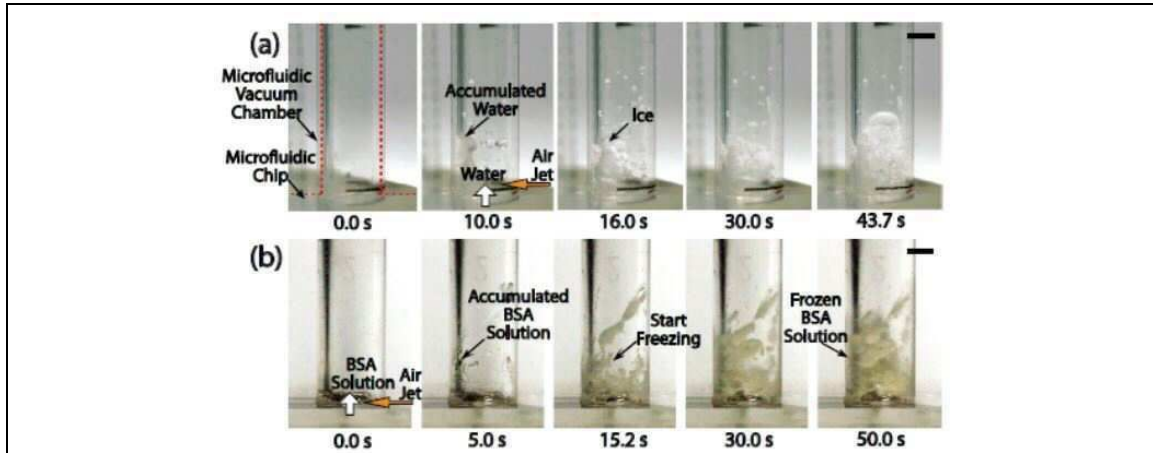
[0060] 한편, 실험 결과 평균 최소 냉각온도는 -12℃였다. 실험 중에 미소유체 진공챔버의 벽에 물이 축적되는 것이 관찰되었는데 그 물이 냉각되어 얼음이 되었고, 액적과 공기의 흐름을 방해할 만큼 성장하였다. 이로 인해 증발률이 감소하였고 결과적으로 챔버의 온도가 올라갔다.

[0062] 다른 한편으로, 액적과 공기의 흐름을 방해받지 않은 경우를 관찰하기 위해 어는점이 -10℃로 낮은 20% v/v 에틸렌글리콜(EG) 용액을 이용하여 실험을 진행하였다. 표 2 의 (b)는 에틸렌글리콜 용액이 얼지 않기 때문에 안



정적으로 열을 제거하여 냉각온도의 변동이 없음을 보여준다. 이때, 평균 냉각률은 3°C/s 이었으며, 최소 냉각 온도는 -10.2°C 였다.

표 2



[0063]

[0064]

그리고, 동일한 미소유체 디바이스를 사용하여 미소유체 디바이스 안에서 얼음을 생성하였고 생체유체를 냉각하였다. 초순수와 10% w/v BSA용액을 냉매로 사용하였다. 표 2의 (a)는 물을 냉매로 사용했을 때 챔버에서 얼음이 만들어지는 과정을 보여주는 연속 이미지이다. 즉, 공기제트가 분산된 액적을 챔버 벽 쪽으로 밀어 벽 표면에 물이 축적되었다(10.0 s). 온도가 어는점 이하로 감소하여 물이 냉각되었다(16.0 초). 액적이 지속적으로 공급되어 미소유체 진공챔버가 거의 막힐 때까지 얼음이 계속 성장하였다(43.7 초).

[0065]

한편, 표 2의 (b)를 보면 BSA용액의 경우 챔버의 거의 절반을 채울 때까지 냉각됨이 관찰되었다(50.0 초). 온도가 줄면 단백질의 용해도가 감소하므로 BSA가 누르스름하게 침전되는 것이 관찰되었다. 이는 외부 냉각장치 없이도 수용액을 냉매로 사용하여 생체유체를 미소유체 칩에서 냉각시킨 첫 번째 결과이다.

[0066]

또한, 20% 에틸렌글리콜 용액을 냉매로 이용한 실험을 수행하였다(실험 데이터는 생략한다). 에틸렌글리콜 용액은 얼지 않았으며, 이러한 실험 결과는 에틸렌글리콜의 어는점이 초순수와 생체유체보다 낮다는 것과 과냉각 현상[6]이 발생할 수 있다는 점으로 예상할 수 있었다.

[0067]

이상에서와 같이 본 발명에 따른 미소유체 냉각장치(100) 기술은 간편하고, 독성이 없으며, 효과적인 미소유체 냉각방식을 성공적으로 입증하였다. 수용액의 증발을 기반으로 하여 외부 냉각장치 없이도 미소유체 칩에서 얼음을 생성하고 생체유체를 얼리는 것을 성공하였다.

[0068]

또한, 저진공(~9.3 kPa) 상태에서도 냉각이 가능하였으므로 휴대용의 소형 진공펌프를 사용한다면 미소유체 냉각장치(100)를 전체적으로 소형화 할 수 있을 것이다. 아울러, 본 발명에서 칩에 집착된 수직인 미소유체 진공챔버(120)를 사용하였으나, 이를 미세 가공하여 다수의 미소유체 진공챔버를 미소유체 칩에 집적 할 수 있을 것이다. 각 미소유체 진공챔버(120)의 냉각조건을 제어한다면 동시다발적인 온도 제어가 가능할 것이고, 이는 화학·생화학·생물학을 포함하는 다양한 미소유체 분야에 적용될 수 있을 것이다.

[0069]

본 발명은 전술한 실시 예에 국한되지 않고 본 발명의 기술사상이 허용하는 범위 내에서 다양하게 변형하여 실시할 수가 있다.

부호의 설명

[0070]

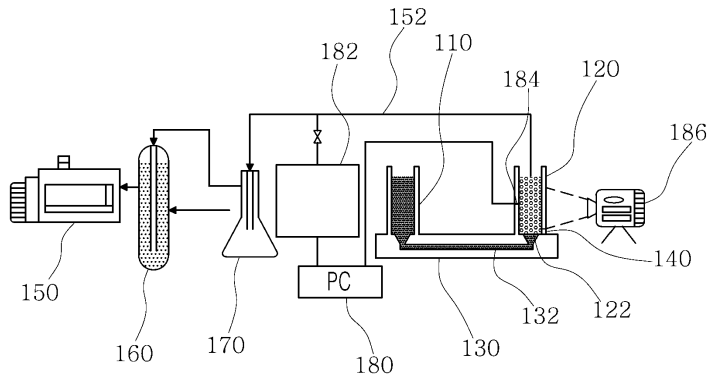
- 100. 미소유체 냉각장치
- 110. 용액 저장탱크
- 120. 미소유체 진공챔버
- 130. 피펫관
- 140. 오리피스
- 150. 진공펌프
- 160. 습분트랩
- 170. 감압 플라스크
- 180. 모니터링용 PC
- 182. 압력계이지

184. 미소열전대

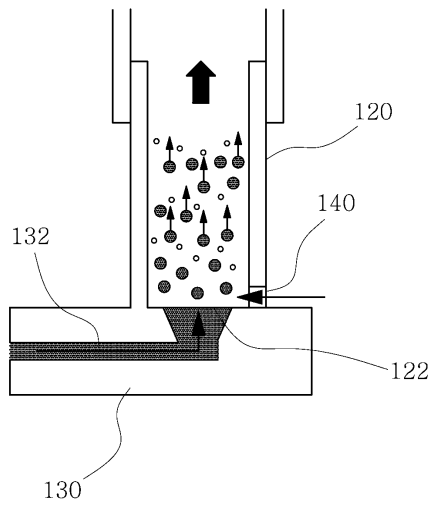
186. 카메라

도면

도면1



도면2



도면3

