

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2021-0152425
(43) 공개일자 2021년12월15일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>H01L 23/427</i> (2006.01) <i>H01L 23/40</i> (2006.01)
 <i>H01L 23/433</i> (2006.01) <i>H01L 23/46</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>H01L 23/427</i> (2013.01)
 <i>H01L 23/40</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0168291(분할)
 (22) 출원일자 2021년11월30일
 심사청구일자 2021년11월30일</p> <p>(62) 원출원 특허 10-2019-0074938
 원출원일자 2019년06월24일
 심사청구일자 2019년06월24일</p> <p>(30) 우선권주장
 16/022,924 2018년06월29일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
 주니퍼 네트워크스, 인크.
 미국 캘리포니아 94089 서니베일 이노베이션 웨이 1133</p> <p>(72) 발명자
 마르코치아, 로베르토
 미국 95125 캘리포니아주 산 호세 쿨링우드 애비뉴 1645
 코치, 브라이언 로버트
 미국 94005 캘리포니아주 브리스베인 멘도시노 스트리트 427
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 양영준, 김연송, 백만기</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 가변 전도도 열 파이프에 의한 열 관리

(57) 요약

광자 및 전자 집적 회로들은 상-변화 작동 유체 외에도 비-응축가능 가스를 포함하는 가변 전도도 열 파이프들을 사용하여 냉각될 수 있다. 열 싱크 접촉 영역을 제공하는 표준 하우스징에 통합된 회로들을 포함하는 서버어셈블리와 함께 열 파이프를 패키징하기 위해, 열 파이프는 일부 실시예들에서, 집적 회로 서버어셈블리가 열 싱크 접촉 영역으로부터 분리되는 방향에 실질적으로 수직인 증발기와 응축기 단부들 간의 자신의 축으로 배향되고, 열 파이프의 외부 표면의 일부는 적절한 단열 구조체로, 열 싱크 접촉 영역으로부터 단열된다.

(52) CPC특허분류

H01L 23/433 (2013.01)

H01L 23/46 (2013.01)

(72) 발명자

슈미트, 테오도르 제이.

미국 95020 캘리포니아주 길로이 아자라 스트리트
8920

와일랜드, 크리스토퍼 폴

미국 94551 캘리포니아주 리버모어 모르간 테리토
리 로드 10580

구존, 로버트 에스.

미국 93103 캘리포니아주 산타 바바라 이스트 야노
날리 스트리트 넘버디 1240

휘시, 그레고리 알란

미국 93111 캘리포니아주 산타 바바라 비아 라라
레인 5049

명세서

청구범위

청구항 1

열적으로 관리되는 광학 패키지로서,

광자 집적 회로를 포함하는 광학 서브어셈블리;

상기 광학 서브어셈블리를 둘러싸는 하우징 - 상기 하우징의 일부는 열 싱크 접촉 영역을 형성함 -; 및

상기 광학 서브어셈블리와 상기 열 싱크 접촉 영역 사이에서 상기 하우징의 내부에 배치되는 가변 전도도 열 파이프 및 단열 구조체를 포함하고, 상기 가변 전도도 열 파이프는 상기 열 파이프의 제1 단부에서 상기 광자 집적 회로와 열 접촉하고, 상기 열 파이프의 제2 단부에서 상기 하우징의 상기 열 싱크 접촉 영역과 열 접촉하고, 상기 열 싱크 접촉 영역으로의 열 전달에 의해 상기 광자 집적 회로를 냉각시키도록 구성되고, 상기 단열 구조체는 상기 제1 단부에서 상기 가변 전도도 열 파이프의 외부 표면 부분을 상기 하우징의 상기 열 싱크 접촉 영역으로부터 절연하는, 광학 패키지.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 단부로부터 상기 제2 단부로 연장되는 상기 열 파이프의 측은 상기 열 싱크 접촉 영역에 실질적으로 평행하게 배향되는, 광학 패키지.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 열 파이프는 상기 측에 수직인 방향으로 상기 측의 상호 대향하는 측면들 상에 제1 및 제2 표면 부분들을 포함하고, 상기 광자 집적 회로는 상기 제1 표면 부분에 인접하여 배치되고, 상기 단열 구조체 및 상기 열 싱크 접촉 영역은 상기 제2 표면 부분에 인접하여 배치되는, 광학 패키지.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 광자 집적 회로와 상기 열 파이프 사이에 개재되고 상기 광자 집적 회로 및 상기 열 파이프와 기계적으로 접촉하는 열 인터페이스 구조체를 더 포함하는, 광학 패키지.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 열 인터페이스 구조체는 상기 열 파이프와 기계적으로 접촉하는 열 전도성 어댑터 플레이트 및 상기 광자 집적 회로와 기계적으로 접촉하는 연질의 열 인터페이스 재료 층을 포함하는 층형 구조체인, 광학 패키지.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 광학 서브어셈블리는 전자 집적 회로를 더 포함하는, 광학 패키지.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 가변 전도도 열 파이프는 상기 열 파이프의 상기 제1 단부에서 상기 전자 집적 회로와 추가로 열 접촉하는, 광학 패키지.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 열 파이프는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 상기 제2 단부에서의 온도들에 대해 적어도 2배 만큼 변하는 열 전도도를 갖는, 광학 패키지.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 열 파이프는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 상기 제2 단부에서의 온도들에 대해 20 °C 내지 85 °C 범위 내의 상기 제1 단부에서의 온도를 유지하도록 구성되는, 광학 패키지.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 열 파이프는 상기 제1 단부에서 증발에 의해 상기 광자 집적 회로를 냉각시키고 상기 제2 단부에서 응축하는 작동 유체, 및 상기 열 파이프의 열 전도도를 조정하기 위해 상기 작동 유체가 상기 제2 단부에 도달하는 것을 다양한 범위로 부분적으로 차단하는 비-응축가능 가스를 포함하는, 광학 패키지.

청구항 11

광학 서브어셈블리를 냉각시키기 위한 열 파이프 서브어셈블리로서,

제1 단부와 제2 단부 사이에 축을 정의하고 상기 축에 수직인 방향을 따라 상기 축의 상호 대향하는 측면들 상에 제1 및 제2 외부 표면 부분들을 더 정의하는 가변 전도도 열 파이프 - 상기 제1 단부는 상기 제1 단부와 상기 제2 단부 사이에서 상기 열 파이프의 상기 제2 외부 표면 부분을 따라 연장되는 열 싱크 접촉 영역과 동작가능하게 접촉함 -;

상기 제1 단부에서 상기 제1 외부 표면 부분에 접촉되어, 상기 광학 서브어셈블리와 열 접촉을 동작가능하게 제공하는 열 전도성 어댑터 플레이트; 및

상기 제2 단부에서의 영역에서 상기 제2 외부 표면 부분을 커버하여 상기 열 파이프의 상기 영역을 상기 열 싱크 접촉 영역으로부터 동작가능하게 절연시키는 단열 구조체를 포함하는, 열 파이프 서브어셈블리.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 열 파이프는,

벽;

상기 열 파이프의 벽의 내부 표면을 라이닝하는 워 구조체; 및

공동 내에 포함된 상 변화 작동 유체(phase-changing working fluid) 및 비-응축가능 가스를 포함하고, 상기 상 변화 작동 유체는 상기 제1 단부에서의 증발 및 상기 제2 단부에서의 응축에 의해 상기 광학 서브어셈블리를 동작가능하게 냉각시키고, 상기 비-응축가능 가스는 상기 작동 유체가 상기 제2 단부에 도달하는 것을 다양한 범위로 적어도 부분적으로 차단함으로써 상기 열 파이프의 상기 열 전도도를 조정하도록 동작가능한, 열 파이프 서브어셈블리.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 열 전도성 어댑터 플레이트는 상기 열 파이프에 납땜된 금속 플레이트인, 열 파이프 서브어셈블리.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 열 파이프는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 상기 제2 단부에서의 온도들에 대해 적어도 2배 만큼 변하는 열 전도도를 갖는, 열 파이프 서브어셈블리.

청구항 15

제11항에 있어서, 상기 열 파이프 서브어셈블리는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 상기 제2 단부에서의 온도들에 대해 20 °C 내지 85 °C 범위 내의 상기 제1 단부에서의 온도를 유지하도록 구성되는, 열 파이프 서브어셈블리.

청구항 16

방법으로서,

제1 단부에서 광학 서브어셈블리와 열 접촉하는 열 파이프 내에 포함된 작동 유체의 증발에 의해 상기 광학 서브어셈블리로부터 열을 추출하는 단계;

상기 열 파이프의 상기 제1 단부로부터 제2 단부의 상기 증발된 작동 유체의 흐름을 통해 상기 제1 단부로부터 상기 제2 단부로 상기 열을 전달하는 단계;

상기 열을 상기 증발된 작동 유체로부터 상기 제2 단부에서 상기 열 파이프와 열 접촉하는 열 싱크 접촉 영역으

로 전달함으로써 상기 증발된 작동 유체를 응축시키는 단계 - 상기 열 싱크 접촉 영역은 상기 제1 단부와 상기 제2 단부 사이에서 상기 열 파이프를 따라 연장됨 -;

상기 응축된 작동 유체를 상기 제1 단부로 다시 이송하는 단계; 및

상기 제1 단부에서 상기 열 파이프의 표면 영역을 상기 열 싱크 접촉 영역으로부터 열적으로 절연시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 응축된 작동 유체는 상기 열 파이프의 내부 표면을 라이닝하는 워 구조체 내에서 상기 제1 단부로 다시 이송되는, 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 제2 단부에서 상기 열 파이프 내에 포함된 비-응축가능 가스의 가변 압축에 의해 상기 열 파이프의 열 전도도를 조정하는 단계를 더 포함하고, 상기 가변 압축은 상기 증발된 작동 유체의 증기 압력에 의존하고, 상기 증발된 작동 유체가 상기 열 싱크 접촉 영역과 열 접촉하는 영역에 도달하는 것을 차단하는 대응하는 가변 정도를 야기하는, 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 열 전도도는 상기 열 파이프의 상기 제1 단부에서의 증발기 구역과 연관된 온도 범위의 하한을 상기 열 파이프의 상기 제2 단부에서의 응축기 구역과 연관된 온도 범위의 하한보다 적어도 15 °C만큼 높게 유지하도록 조정되는, 방법.

청구항 20

제18항에 있어서, 상기 열 전도도는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 상기 제2 단부에서의 온도들에 대해 적어도 2배 만큼 변하는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은 광자 및/또는 전자 집적 회로들의 열 관리, 특히 열 파이프들을 사용한 수동 열 관리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 광자 및 전자 컴포넌트들은 온도 변화들에 민감한 특성들을 가지며, 이들이 허용가능한 온도들의 동작 범위 내에서 머물도록 열적으로 관리되지 않으면 성능이 저하되거나 완전히 동작되지 않게 되는 위험에 처한다. 그러므로, 열 관리 시스템들은 종종 그런 광자/전자 컴포넌트들의 온도를 제어하는 데 활용된다. 통상적으로, 열 관리는, 비록 능동 가열이 또한 최소 온도를 달성하기 위해 일부 환경들에서 사용될 수 있지만, 동작 동안 이들 컴포넌트 자체들에 의해 생성된 열을 제거하는 것을 포함한다. 따라서, 열 관리 시스템들은 통상적으로 열 싱크(heat sink) 및/또는 가열기뿐 아니라, 온도-제어될 컴포넌트들과 열 싱크 또는 가열기 간의 열 전달 수단을 포함한다.

[0003] 집적 회로들을 포함하는 패키지들에서 때때로 이용되는 열 관리에 대한 하나의 접근법은 열 파이프, 즉 열 소스와 접촉하는 고온 구역에서 증발하고 열 싱크와 접촉하는 저온 구역에서 응축하고, 파이프 벽을 통한 열 전도 외에도 대류 및 상 변화의 조합에 의해 열을 전달하는 작동 유체로 충전된 밀봉된 챔버의 사용이다. 그러나, 추가 조치가 없으면, 열 파이프는, 예컨대 열 싱크의 온도가 너무 낮게 떨어질 때, 열적으로 관리될 컴포넌트의 과냉각을 초래할 수 있다. 이 문제를 처리하는 대안적인 접근법은 예컨대 열전기 냉각기를 사용하는 능동 열 관리이다. 열전기 냉각기는 펠티에 효과(Peltier effect)를 이용하여 전류에 의해 제어가능한 방향 및 속도로 열을 전달한다. 온도 센서와 결합되면, 열전기 냉각기는 따라서 열적으로 관리되는 컴포넌트의 온도를 능동적으로 제어할 수 있다. 그러나, 이런 능력은 열적으로 관리되는 컴포넌트들 및 열 관리 시스템을 포함하는 패키지에 대해 전력 요건들, 복잡성 및 비용 증가를 치르게 한다.

도면의 간단한 설명

[0004] 다양한 예시적인 실시예들은 첨부 도면들과 함께 본원에 설명된다.

도 1은 다양한 실시예들에 따른 예시적인 가변 전도도 열 파이프의 개략 단면도이다.

도 2는 다양한 실시예들에 따른 가변 전도도 열 파이프를 통합한 예시적인 광학 트랜스시버 모듈의 분해도이다.

도 3은 다양한 실시예들에 따라 열적으로 관리되는 집적 회로들의 예시적인 온도 프로파일들의 그래프이다.

도 4는 다양한 실시예들에 따른 가변 전도도 열 파이프의 동작 사이클을 요약한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005] 본원에는 더 큰 어셈블리들, 특히 공간 제약들을 가하는 패키지들, 이를테면, 예컨대 QSFP(Quad Small Form-factor) 또는 다른 플러그가능 패키지들 내에 구성된 광자 및/또는 전자 서브어셈블리들(예컨대, 집적 회로들을 포함함)의 열 관리를 위한 가변 전도도 열 파이프들이 개시된다. 가변 전도도 열 파이프들의 사용은 광학 패키지들, 이를테면 데이터 통신 애플리케이션들을 위한 광학 트랜스시버 패키지들 또는 광학 센서 패키지들의 온도를 관리하는 데 특히 유익하다.

[0006] 일반적으로, 열 파이프는 일 단부에서 열 소스와 그리고 다른 단부에서 열 싱크와 열 접촉한다. 열 소스와 열 접촉하는 단부에서, 예컨대 물일 수 있는 열 파이프의 작동 유체는 증발하고; 이 단부는 이후 또한 "증발기 단부"로 지칭된다. 열 싱크와 열 접촉하는 단부에서, 작동-유체 증기(예컨대, 수증기)는 응축하고; 이 단부는 이후 또한 "응축기 단부"로 지칭된다. 증기는 파이프 내에서 증발기 단부로부터 응축기 단부로 흐른다. 응축 이후, 액체 상태의 작동 유체는 파이프 벽의 내부 표면을 라이닝(lining)하는 워(wick) 구조체의 모세관 힘들을 통해 응축기 단부로부터 증발기 단부로 되돌아 간다.

[0007] 가변 전도도 열 파이프는, 원하는 열 전달을 달성하는 작동 유체 외에도, 일반적으로 낮은 열 전도도를 가진 비-응축가능 가스를 포함한다. 열 파이프의 동작 동안, 비-응축가능 가스는 응축기 단부를 향해 밀려져 축적되는 경향이 있고, 여기서 그것은 증기가 응축기 구역의 내부 파이프 표면에 도달하는 것을 부분적으로 차단함으로써 작동-유체 증기의 응축을 억제하고, 이에 의해 냉각을 약화시킨다. 이런 효과는 온도-의존적이어서, 증발기 및/또는 응축기 구역들에서 더 낮은 온도들에 대해 일반적으로 더 낮은 파이프의 온도-의존 열 전도도를 초래한다. 고정된 전도도를 가진 종래의 열 파이프가 열-생성 컴포넌트를 과냉각하는 시나리오들에서, 가변 전도도 열 파이프를 형성하기 위해 비-응축가능 가스의 부가는 소정의 온도(열 싱크의 온도 초과)에서 냉각을 멈추게 하고, 여기서 증발기 단부로부터 응축기 단부로 감소된 열 전달은 소스에서의 열 생성과 균형을 이룬다. 동시에, 더 높은 온도들에서 더 높은 열 전도도는 열 싱크의 비교적 높은 온도들에서도 효과적인 냉각을 유발할 수 있다. 따라서, 열 싱크 및 따라서 응축기 구역과 연관된 주어진 온도 범위에 대해, 적절하게 구성된 가변 전도도 열 파이프를 사용하여, 하한 제한이 응축기 구역의 온도 범위의 하한 제한보다 실질적으로 더 높고, 그리고 상한이 응축기 구역의 온도 범위의 상한보다 (높더라도) 훨씬 더 높지 않은 범위 내에서 열 소스 및 따라서 증발기 구역의 온도를 유지하는 것이 가능하다. 다른 말로, 냉각되는 집적 회로들 또는 다른 디바이스에 의해 경험되는 온도 범위는 열 싱크에 의해 경험되는 온도 범위보다 더 작다. 예컨대, 일부 실시예들에서, (예컨대, 하우징의 열 싱크 접촉 영역에 의해 제공된) 열 싱크의 온도가 0 °C 내지 70 °C에서 가변할 수 있는 경우, 열 파이프는 그 범위에 걸쳐 적어도 2 배만큼 가변하는 열 전도도를 가지며, 이는 증발기 구역의 온도가 20 °C 내지 85 °C 범위, 일부 실시예들에서 40 °C 내지 85 °C 범위 내에서 유지되게 한다.

[0008] 다양한 실시예들에서, 가변 전도도 열 파이프는 표준 소형 하우징 내에 포함된 하나 이상의 광자 및/또는 전자 컴포넌트들(예컨대, 다중-칩 모듈 내의 광자 및/또는 전자 집적 회로들)을 냉각시키는 데 사용된다. 이산 디바이스들로 제공되든 광자 집적 회로(들)에 통합되든, 광학 컴포넌트들은 예컨대 소형 핫(hot)-플러그가능 광학 패키지(예컨대, QSFP 트랜스시버 또는 광학 센서 모듈) 내의 광학 서브어셈블리의 부분을 형성할 수 있다. 이 경우, 공간 제약들은 열 소스를 구성하는 집적 회로들을 하우징 상의 열 싱크 접촉 영역으로부터 분리하는 방향을 따라 열 파이프가 배향되는 것을 방지할 수 있다. 대신, 충분한 속도로 열을 전달하기 위해 소정의 길이를 초과할 필요가 있는 열 파이프는 열 싱크 접촉 영역 및 집적 회로들에 일반적으로 평행한 자신의 축(본원에서 열 파이프의 가장 긴 치수 및 응축기 및 증발기가 분리되는 방향, 즉 동작 시 일반적인 유체 흐름 방향에 대응하는 것으로 이해됨)으로 배향될 수 있다. 열 파이프의 축에 수직하는 방향을 따라 제1 및 제2 외부 표면들로서 분리되는 열 파이프를 따른 대향 표면들을 참조하면, 제1 외부 표면은 집적 회로들과 열 접촉할 수 있고, 제2 외부 표면은 열 싱크 접촉 영역과 열 접촉할 수 있다. 열 파이프는, 집적 회로들과의 열 접촉이 증발기 단부

에서의 구역으로 제한되도록 위치결정될 수 있다. 그러나, 열 싱크 접촉 영역은 일반적으로, 자신의 전체 길이를 따라 열 파이프와 접촉할 표준 패키지들에서 너무 길다. 그러므로, 응축기 단부 구역으로 응축을 한정하기 위해, 단열 구조체가 열 파이프와 열 싱크 접촉 영역 간에 개재될 수 있고, 증발기 단부로부터 응축기 구역의 시작부까지 연장된다.

[0009] 전술한 바는 첨부 도면들을 참조하여, 다양한 양상들 및 예시적인 실시예들의 다음 설명으로부터 더 쉽게 이해될 것이다.

[0010] 도 1은 다양한 실시예들에 따른 예시적인 가변 전도도 열 파이프(100)의 (축을 따른) 개략 단면도이다. 열 파이프(100)는 공동(또는 루멘(lumen))(104)을 둘러싸는 열 파이프 벽(102)에 의해 정의된 밀봉된 챔버를 형성하고, 벽(102)의 내부 표면을 라이닝하는 워 구조체(106)를 포함한다. 벽(102)은 일반적으로 밀봉된 챔버를 형성할 수 있고 챔버 내에 포함된 유체들과 화학적으로 반응하지 않는 재료로 만들어진다. 벽(102)은 유리하게 강하고, 굽혀지며, 비등(boiling) 유체들로 월(will)을 수행하는 예컨대 금속, 이룰테면 구리, 알루미늄 또는 티타늄으로 만들어질 수 있다. 그러나, 다른 재료, 이룰테면 플라스틱들 또는 세라믹들은 또한 벽(102)에 사용될 수 있다. 열 파이프 벽(102)은 열 전도를 통해 열 파이프(100)를 통한 열 전달에 (조금이라도) 기여할 수 있다. 워 구조체(106)는 예컨대 스크린 또는 다른 다공성 재료로 만들어진 별도의 층일 수 있다. 대안적으로, 벽(102)의 내부 표면은 워 구조체(106)를 집합적으로 구성하는 구멍들 및/또는 모세관들의 웹(web)을 제공하도록 거칠게 또는 다르게 구조될 수 있다.

[0011] 공동(104)은 대기압 이하의 압력에서, 열 파이프(100)의 동작 온도/압력 범위(작동 유체의 가스 상은 108로 라벨링됨) 내에서 상을 변화시키는 작동 유체 및 비-응축가능 가스(110)(즉, 열 파이프(100)의 동작 범위 내에서 응축하지 않는 가스)로 충전된다. 대기압 이하의 압력은 먼저 열 파이프(100)를 배기하고, 이어서 소량의 작동 유체 및 비-응축가능 가스를 다시-충전함으로써 열 파이프(100)에서 달성될 수 있다. 전자 및 광자 컴포넌트들을 냉각시키는 데 일반적으로 사용되는 작동 유체들은 물, 암모니아, 아세톤 및 메탄올을 포함하지만, 제한되지 않는다. 일부 실시예들에 적절한 비-응축가능 가스들은 예컨대 질소 및 희귀 가스들, 이룰테면 아르곤을 포함한다.

[0012] 열 파이프(100)는 일반적으로 가장 긴 치수를 따라, 축(112)에 의해 도 1에 표시된 축 방향을 한정하는 높은 종횡비를 특징으로 한다. 축(112)에 수직인 단면은 종종 원형이지만, 또한 예컨대 열 소스 및 열 싱크와 접촉하기 위한 편평한 표면들을 제공하기 위해 예컨대, 일반적으로 직사각형(선택적으로 둥근 모서리들을 가짐)일 수 있다. 게다가, 단면은 열 파이프(100)의 전체 길이를 따라 반드시 균일할 필요가 없다. 각각 열 소스 및 열 싱크와 열 접촉하는 열 파이프의 원위 단부들(114, 116) 또는 그 가까이의 구역들을 가져옴으로써, 증발기 구역(118) 및 응축기 구역(120)은 각각의 단부들(114, 116)에 생성되고, 단열 구역(122)이 중간에 형성된다.

[0013] 열 파이프(110)의 원주를 따른 증발기 및 응축기 구역들(118, 120)의 정확한 위치들(축(112)에 수직인 단면 평면 내의 각도 위치를 의미함)은 일반적으로 열 파이프(110)의 동작 목적들을 위해 중요하지 않지만, 대신 열 파이프(100)가 사용될 패키지의 기하학적 구성에 의존할 수 있다. 도 1에서, 증발기 구역(118)은 열 파이프(100)의 하단 표면(124)에 위치되는 반면, 응축기 구역(120)은 열 파이프(100)의 상단 표면(126)에 위치된다. (여기서, "상단" 및 "하단"은 사용 시 열 파이프(100)의 배향과 상이할 수 있는 도면 내의 열 파이프(100)의 배향을 지칭한다. 더 일반적으로, 묘사된 예시적 실시예에서 증발기 구역(118) 및 응축기 구역(120)은 축(112)의 대향 측들 상에 있는, 즉 축(112)의 방향에 수직인 방향으로 서로 대향하는 제1 및 제2 외부 표면 부분들(124, 126)에 위치된다). 이 구성은 예컨대 열 파이프(100)를 도 2에 예시된 방식으로 트랜스시버 모듈에 통합하는데 사용된다. 그러나, 일반적으로, 증발기 구역(118) 및 응축기 구역(120)은 또한 축(112)의 동일한 측(예컨대, 하단 표면(124)에 둘 모두 또는 상단 표면(126)에 둘 모두) 상에 또는 임의의 다른 원주 위치에 위치될 수 있다. (주의: 축(112)의 대향 측들은 축(112)의 대향 단부들(114, 116)과 혼동되지 않아야 함).

[0014] 열 파이프(100)가 동작할 때, 증발기 구역(118)의 높은 압력과 응축기 구역(120)의 낮은 압력 간에 압력 구배가 생성되어, 작동 유체의 증기(108)가 도 1의 화살표들(128)에 의해 표시된 바와 같이, 응축기 구역(120)을 향해 흐르게 한다. 응축된 유체는 화살표들(130)에 의해 표시된 반대 방향으로 증발기 구역(118)으로 다시 흐른다. 공동(104) 내의 작동-유체 증기(108)의 흐름은 비-응축가능 가스(110)를 응축기 단부(116)를 향해 휩쓸고, 여기서 응축기 단부(116)는 응축기 구역(120)에 대한 증기(108)에 의한 접근을 부분적으로 차단한다. 증발기 구역(118)의 온도가 더 높을수록, 일반적으로 증기 압력은 더 커지고, 그리고 비-응축가능 가스(110)가 더 압축될 것이다. 따라서, 증발기 온도가 증가함에 따라, 응축기 구역(120)의 더 많은 구역은 증기(108)에 노출되어, 열 파이프(100)의 열 전도도를 증가시키고 결과적으로 증발기 구역(118)을 더 효율적으로 냉각시킨다. 반대로, 증

발기 구역(118)의 온도가 감소함에 따라, 증기 압력은 강하하고, 비-응축가능 가스(110)는 팽하여 응축기 구역(120)의 더 많은 구역을 커버하고, 그리고 열 파이프(100)의 열 전도도는 감소되어, 증발기 구역(118)의 냉각을 감소시킨다. 열 파이프(100)를 통한 열 전달률(와트 단위로 측정됨)은 열 파이프의 전도도(℃ 당 와트로 측정됨) 및 증발기와 응축기 구역들(118, 120) 간의 온도 차이에 비례한다. 주어진 응축기 온도에 대해, 증발기의 온도는, 열 전달이 열 소스에 의해 생성된 열의 양과 균형을 이루는 응축기 온도 초과 수준에서 안정화될 것이고, 더 낮은 증발기 온도들에서 더 낮은 전도도로 인해, 온도 갭(gap)은 일반적으로 더 낮은 응축기 온도에서 더 높을 것이다.

[0015] 가변 전도도 열 파이프들, 이를테면 도 1의 열 파이프(100)는 다양한 패키징된 디바이스들, 이를테면 원격통신 트랜시버들 또는 센서 패키지들에 통합된 광자 및/또는 전자 회로들 및/또는 이산 광자 또는 전자 컴포넌트들을 과냉각이 아닌 냉각시키는 데 사용될 수 있다.

[0016] 도 2는 다양한 실시예들에 따른 가변 전도도 열 파이프(100)를 통합한 예시적인 광학 트랜시버 모듈(200)의 분해도이다. 모듈(200)은 예컨대 QSFP 하우징일 수 있는 하우징(206)(상단 부분 및 하단 부분들로 분리되어 도시됨)에 함께 패키징된 광학 서브어셈블리(202) 및 열 파이프 서브어셈블리(204)를 포함한다. 광학 서브어셈블리(202)는 하나 이상(예컨대, 한 개가 도시됨)의 광자 집적 회로(208) 및 하나 이상(예컨대, 4 개가 도시됨)의 전자 집적 회로(210)를 포함한다. 사용 시, 이들 집적 회로(208, 210)는 하우징(206)의 열 싱크 접촉 영역(212)을 통해 소산되는 열을 생성한다. 열 싱크 접촉 영역(212)은 일반적으로, 예컨대 팬(fan)들에 의해 생성된 공기 흐름 또는 표면을 따라 흐르는 냉각 액체를 통해 냉각에 노출되는 하우징(206)의 부분에 대응한다.

[0017] 열 파이프 서브어셈블리(204)는 도 1에 개념적으로 도시된 바와 같이 구성된 열 파이프(100)를 포함하고, 열 파이프(100)의 축(112)(가장 긴 치수 및 유체 흐름 방향을 따름)은 열 싱크 접촉 영역(212) 및 집적 회로들(208, 210) 둘 모두와 실질적으로 평행하고 따라서 열 싱크 접촉 영역(212) 및 하우징(206)이 분리되는 방향(도면에서 수직 방향임)에 실질적으로 수직하게 배향된다. 이런 배향은 열 전달을 효과적으로 제어하기 위해 증발기와 응축기 구역들(118, 120) 간에 충분한 열 저항을 제공하도록 소정의 최소 길이를 초과할 필요가 있는 열 파이프(100)를 광학 서브어셈블리(202)와 하우징(206) 간에 이용가능한 작은 공간에 끼워 맞추는 역할을 하고; 소형 하우징 내의 표준 모듈 구성에서, 광학 서브어셈블리(202)와 하우징(206) 간의 분리 방향을 따르는 열 파이프(100)의 배향은 공간 제한들에 의해 배제된다. 도시된 바와 같이, 열 파이프(100)는 곡선형일 수 있고; 이 곡률은 모듈(도시되지 않음) 내의 다른 컴포넌트들을 공간적으로 피하도록 하는 역할을 하고, 열 파이프(100)의 동작에 영향을 주지 않는다.

[0018] 열 싱크 접촉 영역(212) 및 집적 회로들(208, 210)과 평행한 열 파이프(100)의 배향의 결과로서, 증발기 구역(118)은 열 파이프(100)의 하단 표면(124)(본원에서 또한 제1 외부 표면 부분으로 지칭됨)에 형성되고, 응축기 구역(120)은 열 파이프(100)의 상단 표면(126)(본원에서 또한 제2 외부 표면 부분으로 지칭됨)에 형성된다. 응축기 구역(120)에서, 열 파이프(100)의 상단 표면(126)은 우수한 열 접촉을 제공하기 위해 평평해지고 (적절한 접착제를 사용하여) 열 싱크 접촉 영역(212)에 접촉될 수 있다.

[0019] 증발기 구역(118)과 집적 회로들(208, 210) 간의 열 접촉을 수립하기 위해, 열 인터페이스 구조는 집적 회로들(208, 210) 및 증발기 구역(118)의 하단 표면(124) 둘 모두 간에 기계적 접촉(즉, 터치(touching))로 배치된다. 도시된 바와 같이, 열 인터페이스 구조는 예컨대 열 전도성 어댑터 플레이트(216) 및 연질의 열 인터페이스 재료 층(218)을 포함하는 층 구조일 수 있다. 어댑터 플레이트(216)는 예컨대 구리, 알루미늄, 강철, 아연, 다이아몬드, 알루미늄 질화물 또는 붕소 질화물로 만들어질 수 있다. 어댑터 플레이트(216)는 증발기 단부(114)(열 파이프(100)의 증발기 구역(118)을 정의하는 열 파이프(100)와 어댑터 플레이트(216) 간의 접촉 영역)에서 열 파이프(100)의 하단 표면(124)과 직접 인접 인접하여 기계적으로 접촉하여 배치되고, 종종 열 파이프(100)에 고정되게 부착되어, 열 파이프 서브어셈블리(204)의 부분을 형성한다. 예컨대, 일부 실시예들에서, 어댑터 플레이트(216)는 금속으로 만들어지고 증발기 구역(118)을 생성하기 위해 열 파이프(100)에 납땜된다. 금속 어댑터 플레이트(216)의 다른 측은 완성된 어셈블리에서, 열 인터페이스 재료 층(218)과 직접 접촉하고, 열 인터페이스 재료 층(218)은 차례로 광학 서브어셈블리(202)의 상단 바로 위에 배치된다. 열 인터페이스 재료 층(218)은 연질의 변형가능 열적 전도성 재료, 이를테면 전도성 열가소성, 겔 또는 그리스로 만들어진다. 광학 서브어셈블리(202)와 접촉하여 배치될 때, 열 인터페이스 재료 층(218)은 표면 구조에 일치하는 경향이 있어서, 광학 서브어셈블리(202)(이를테면 집적 회로들(208, 210))의 표면 피처(feature)들과 우수한 기계적 및 따라서 열 접촉을 제공한다. 도시된 바와 같이, 어댑터 플레이트(216) 및 열 인터페이스 재료 층(218)은 냉각될 모든 집적 회로들(208, 210)을 완전히 에워싸는 영역을 커버하도록 크기가 정해지고 형상화될 수 있다.

- [0020] 열 파이프(100)의 상단 표면(126)은 주목된 바와 같이, 하우징(206)의 열 싱크 접촉 영역(212)을 향한다. 열 파이프(100)의 전체 길이를 따라 작동-유체 증기(108)의 응축이 발생하는 것을 방지하기 위해, 열 파이프 서브어셈블리(204)는 열 파이프(100)와 열 싱크 접촉 영역(212) 간에 개재된 단열 구조체(220)를 더 포함한다. 단열 구조체(220)는 증발기 단부(114)로부터 응축기 구역(120)의 시작부까지 완전히 열 파이프(100)의 상단 표면(126)을 커버하고, 이에 의해 단열시킨다. 단열 구조체(220)는 예컨대 플라스틱(예컨대, 마일라(mylar)), 발포체 또는 에폭시로 만들어질 수 있다.
- [0021] 열 파이프 서브어셈블리(204)은 다양한 파라미터들을 조정함으로써, 원하는 온도-의존 열 전도도를 제공하도록 구성될 수 있다. 일반적으로, 열 파이프 서브어셈블리(204)의 성능은 다수의 인자들에 의존하고, 다수의 인자들은: 벽 재료의 열 전도도, 벽 두께, 열 파이프(100)의 길이뿐 아니라 워 구조체(자신의 두께 및 모세관 작용)의 속도로 인해 열 파이프(100)의 열 성능에 상당한 영향을 가질 수 있음)에 의해 결정된 열 파이프 벽(102)의 열 저항; 비-응축가능 가스(110) 및 작동 유체(108)의 양; 열 파이프(100)를 통한 열 흐름을 제어하는 증발기 및 응축기 구역들(118, 120)을 한정하는 접촉 영역들의 크기; 및 각각 열 소스들 및 싱크와 증발기 및 응축기 구역들(118, 120)의 접촉 영역들을 제외하고 공기 또는 고체 절연에 의한 열 파이프(100)의 절연(열이 주로 증발기 단부(114)로부터 응축기 단부(116)로 흐르는 것을 보장하기 위해 중요함)을 포함한다. 게다가, 열 싱크의 온도 범위는 열 파이프(100)에서의 작동 유체의 성능에 영향을 준다.
- [0022] 일 예시적인 실시예에서, 열 파이프 벽은 구리로 만들어지고 0.18 mm의 두께를 가지며, 구리 메쉬(mesh)는 워 구조체에 사용되고, 작동 유체는 물이고, 그리고 비-응축가능 가스는 질소(약 $1 \cdot 10^{-12}$ 몰들의 양으로 사용됨)이다. 열 파이프의 길이는 약 36 mm이고, 10-mm 길이 증발기 구역과 15-mm 길이 응축기 구역이 있다. 이 구조를 사용하여, 약 0 °C의 열 싱크의 온도에서, 집적-회로 온도는 약 35 °C의 원하는 수준으로 유지될 수 있고, 벽들과 단열 구역에 걸친 열 파이프의 열 저항은 약 10 °C/W이고 전력 소산은 약 3.5W이다.
- [0023] 도 3은 상술한 파라미터들을 가진 가변 전도도 열이 사용되는 실시예에 따라 열적으로 관리되는 집적 회로들의 예시적인 온도 프로파일들의 그래프이다. 예시적인 광자 집적 회로 및 3 개의 예시적인 전자 집적 회로들의 온도들(300, 302, 304, 306)은 열 싱크 접촉 영역(112)에서 모듈 하우징의 온도의 함수로서 도시된다. 알 수 있는 바와 같이, 하우징 온도가 0 °C 내지 70 °C에서 가변하고, 광자 집적 회로의 온도(300)가 약 40 °C 내지 약 76 °C에서 가변하고, 전자 회로들 중 하나의 온도(302)가 약 30 °C 내지 약 78 °C에서 가변하는 반면, 다른 2 개의 전자 회로들의 온도들(304, 306)은 약 40 °C 내지 약 80 °C 내지 85 °C에서 가변한다. 일반적으로, 적절하게 구성된 가변 전도도 열 파이프를 사용하여, 집적 회로들의 온도 범위를 하우징에 의해 경험되는 범위의 하한 온도 한계 초과로 유지하면서 또한 더 높은 하우징 온도들에서 집적 회로들의 충분한 냉각을 제공하는 것이 가능하다. 다른 말로, 집적 회로들은 과열의 위험 없이 충분히 냉각될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전자 회로들에 의해 생성된 열은 부분적으로 광자 회로로 소산되며, 이는 광자 회로 온도를 소정의 최소 온도 초과로 유지하는 데 기여한다. 광자 회로에 의해 경험되는 감소된 온도 범위는 냉각 또는 가열 전력 소비를 감소시킬 수 있다.
- [0024] 도 4는 다양한 실시예들에 따른 가변 전도도 열 파이프(예컨대, 도 1에 도시된 열 파이프(100))의 동작 사이클(400)을 요약한 흐름도이다. 도시된 다양한 프로세스들은 일반적으로 열 파이프의 상이한 개별 부분들에서 동시에 발생한다. 열 파이프의 동작은 작동 유체가 열 소스(예컨대, 하나 이상의 집적 회로들)로부터 추출된 열로 인해 증발기 구역에서 증발하고(프로세스 402), 생성된 작동-유체 증기(108)가 열 파이프 내에서 증발기 단부(114)로부터 응축기 단부(116)로 흐르고(프로세스 404), 증기가 열 싱크 영역으로의 열 전달에 의해 응축기 구역에서 응축하고(프로세스 406), 그리고 응축된 작동 유체가 열 파이프의 내부 표면을 라이닝하는 워 구조체에 의해 응축기 구역으로부터 증발기 구역으로 다시 이송되는(프로세스 408) 것을 포함한다. 이 사이클은 증발기로부터 응축기로 열 전달을 유발하고, 다른 말로, 증발기의 냉각을 달성한다.
- [0025] 작동 유체의 증발 및 응축기 구역을 향한 작동 유체의 흐름(프로세스들 402, 404)은 추가로 비-응축가능 가스가 응축기 단부로 밀려져 압축되게 하고(프로세스 410), 여기서 비-응축가능 가스는 작동 유체가 응축기 구역에 도달하는 것을 부분적으로 차단한다. 증발기의 온도 및 결과적인 증기 압력에 의존하여, 작동-유체 증기의 체적에 대한 비-응축가능 가스의 체적, 및 따라서 응축기에서 차단 정도는 가변하여, 열 파이프의 열 전도도 및 냉각 정도의 대응하는 조정을 유발한다. 이런 메카니즘은, 항상 증발기 구역을 하한 한계가 응축기 구역의 최저 온도를 실질적으로 (예컨대, 적어도 15 °C 만큼) 초과하는 온도 범위 내에 유지시키면서 증발기 구역을 냉각시키는 것을 허용한다.
- [0026] 가변 전도도 열 파이프들 및 집적-회로 서브어셈블리들을 갖는 이들의 패키징의 상이한 양상들 및 특징들을 설

명하였지만, 다음 번호가 매겨진 예들은 예시적인 실시예들로 제공된다:

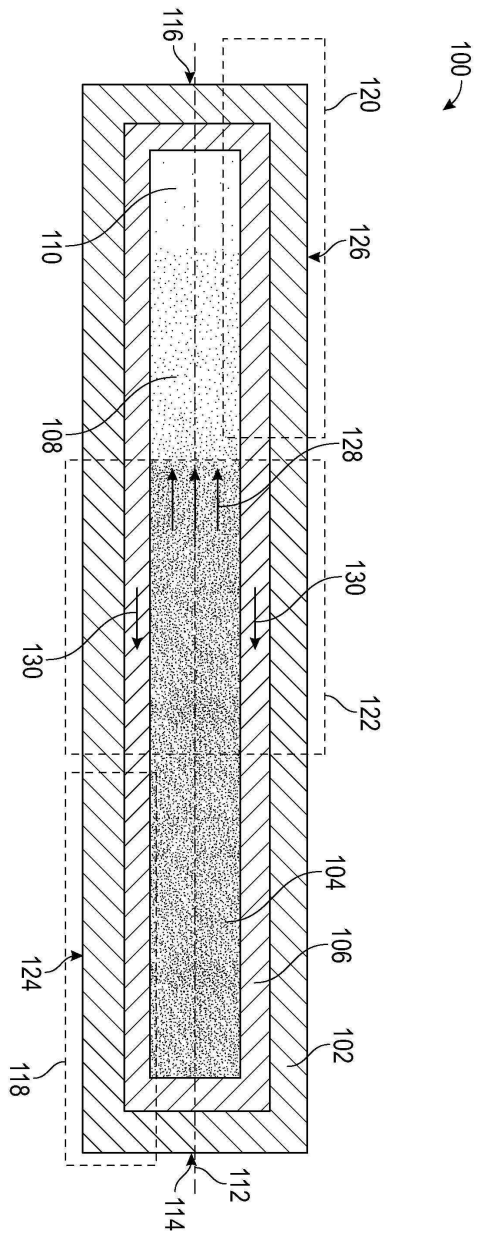
- [0027] 예 1: 열적으로 관리되는 광학 패키지로써, 열적으로 관리되는 광학 패키지는 광자 집적 회로를 포함하는 광학 서브어셈블리; 광학 서브어셈블리를 둘러싸는 하우징 - 하우징은 열 싱크 접촉 영역을 포함함 -; 및 광학 서브어셈블리와 열 싱크 접촉 영역 간에 배치된 열 파이프 서브어셈블리를 포함한다. 열 파이프 서브어셈블리는 제1 및 제2 단부들을 가진 가변 전도도 열 파이프 - 열 파이프는 작동 유체 및 비-응축가능 가스를 포함하고, 제1 단부에서 열 파이프의 증발기 구역은 광자 집적 회로와 열 접촉하고, 그리고 제2 단부에서 열 파이프의 응축기 구역은 열 싱크 접촉 영역과 열 접촉하고, 열 파이프는 적어도 증발기 구역에서 작동 유체의 증발 및 응축기 구역에서 작동 유체의 응축에 의해 광자 집적 회로를 냉각시키고, 그리고 비-응축가능 가스는 열 파이프의 열 전도도를 조정하기 위해 작동 유체가 응축기 구역에 도달하는 것을 다양한 범위로 부분적으로 차단함 -; 및 응축기 구역을 제외한 구역에서 열 파이프의 외부 표면 부분을 열 싱크 접촉 영역으로부터 절연하는 단열 구조체를 포함한다.
- [0028] 예 2: 예 1의 광학 패키지에 있어서, 제1 및 제2 단부들은, 광학 서브어셈블리가 열 싱크 접촉 영역으로부터 분리되는 방향에 실질적으로 수직인 방향을 따라 분리된다.
- [0029] 예 3: 예 1 또는 예 2의 광학 패키지에 있어서, 증발기 구역은 열 파이프의 제1 외부 표면 부분에 위치되고 응축기 구역은, 광학 서브어셈블리가 열 싱크 접촉 영역으로부터 분리되는 방향으로 제1 외부 표면 부분에 대향하는 열 파이프의 제2 외부 표면 부분에 위치되고, 절연된 외부 표면 부분은 제2 외부 표면 부분의 일부이다.
- [0030] 예 4: 예 3의 광학 패키지에 있어서, 열 파이프 서브어셈블리는 증발기 구역의 제1 외부 표면 부분의 외부 표면과 기계적 접촉하는 열 전도성 어댑터 플레이트를 더 포함한다.
- [0031] 예 5: 예 4의 광학 패키지에 있어서, 광자 집적 회로와 어댑터 플레이트 간에 배치되어 광자 집적 회로 및 어댑터 플레이트와 기계적 접촉하는 연질의 열 인터페이스 재료 층을 더 포함한다.
- [0032] 예 6: 예 1 내지 예 5 중 어느 한 예의 광학 패키지에 있어서, 광학 트랜스시버는 전자 집적 회로를 더 포함한다.
- [0033] 예 7: 예 7의 광학 패키지에 있어서, 증발기 구역은 추가로 전자 집적 회로와 열 접촉한다.
- [0034] 예 8: 예 1 내지 예 7 중 어느 한 예의 광학 패키지에 있어서, 열 파이프는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 응축기 구역의 온도들에 대해 적어도 2 배만큼 가변하는 열 전도도를 가진다.
- [0035] 예 9: 예 1 내지 예 8 중 어느 한 예의 광학 패키지에 있어서, 열 파이프 서브어셈블리는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 응축기 구역의 온도들에 대해 20 °C 내지 85 °C 범위 내의 증발기 구역의 온도를 유지하도록 구성된다.
- [0036] 예 10: 광학 서브어셈블리를 냉각시키기 위한 열 파이프 어셈블리로서, 열 파이프 서브어셈블리는: 제1 및 제2 단부들을 가진 가변 전도도 열 파이프 - 열 파이프는 제1 단부와 제2 단부 간에 축을 정의하는 벽, 축의 대향하는 각각의 측부들 상의 제1 및 제2 외부 표면 부분들, 공동을 정의하는 내부 표면, 열 파이프의 벽의 내부 표면을 라이닝하는 워 구조체, 및 공동 내에 포함된 상-변화 작동 유체 및 비-응축가능 가스(상-변화 작동 유체는 제1 단부의 증발기 구역에서의 증발 및 제2 단부의 응축기 구역에서의 응축에 의해 광학 서브어셈블리를 동작가능하게 냉각시키고, 비-응축가능 가스는 작동 유체가 응축기 구역에 도달하는 것을 다양한 범위로 적어도 부분적으로 차단함으로써 열 파이프의 열 전도도를 동작가능하게 조정함)를 포함함 -; 증발기 구역의 제1 외부 표면 부분에 부착된 열 전도성 어댑터 플레이트; 및 응축기 구역을 제외한 구역에서 열 파이프를 열 싱크 접촉 영역으로부터 동작가능하게 절연하는 단열 구조체를 포함하고, 단열 구조체는 제1 단부로부터 응축기 구역까지(그러나 응축기 구역을 포함하지 않음) 연장되는 구역에 걸쳐 제2 외부 표면 부분을 커버한다.
- [0037] 예 11: 예 10의 열 파이프 서브어셈블리에 있어서, 열 전도성 어댑터 플레이트는 열 파이프에 납땜된 금속 플레이트이다.
- [0038] 예 12: 예 10 또는 예 11의 열 파이프 서브어셈블리에 있어서, 열 파이프는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 응축기 구역의 온도들에 대해 적어도 2 배만큼 가변하는 열 전도도를 가진다.
- [0039] 예 13: 예 10 내지 예 12 중 어느 한 예의 열 파이프 서브어셈블리에 있어서, 열 파이프 서브어셈블리는 0 °C 내지 70 °C 범위 내의 응축기 구역의 온도들에 대해 20 °C 내지 85 °C 범위 내의 증발기 구역의 온도를 유지하도록 구성된다.
- [0040] 예 14: 열적으로 관리되는 광학 패키지로써, 광학 서브어셈블리; 광학 서브어셈블리를 둘러싸는 하우징 - 하우

징은 열 싱크 접촉 영역을 포함함 -; 및 광학 서브어셈블리와 열 싱크 접촉 영역 간에 배치된 열 파이프 서브어셈블리를 포함하고, 열 파이프 서브어셈블리는 제1 및 제2 단부들을 가진 가변 전도도 열 파이프를 포함하고, 열 파이프는 작동 유체 및 비-응축가능 가스를 포함하고, 제1 단부에서 열 파이프의 증발기 구역은 광학 서브어셈블리와 열 접촉하고, 그리고 제2 단부에서 열 파이프의 응축기 구역은 열 싱크 접촉 영역과 열 접촉하고, 열 파이프 서브어셈블리는, 더 낮은 제1 온도와 더 높은 제2 온도 간의 응축기 구역의 온도들에 대해, 더 낮은 제3 온도와 더 높은 제4 온도 간의 온도 범위 내에서 증발기 구역의 온도를 유지하도록 열 파이프의 열 전도도를 조정하도록 구성되고, 제3 온도는 적어도 15 °C만큼 제1 온도보다 더 높고 제4 온도는 제3 온도보다 더 낮지 않다.

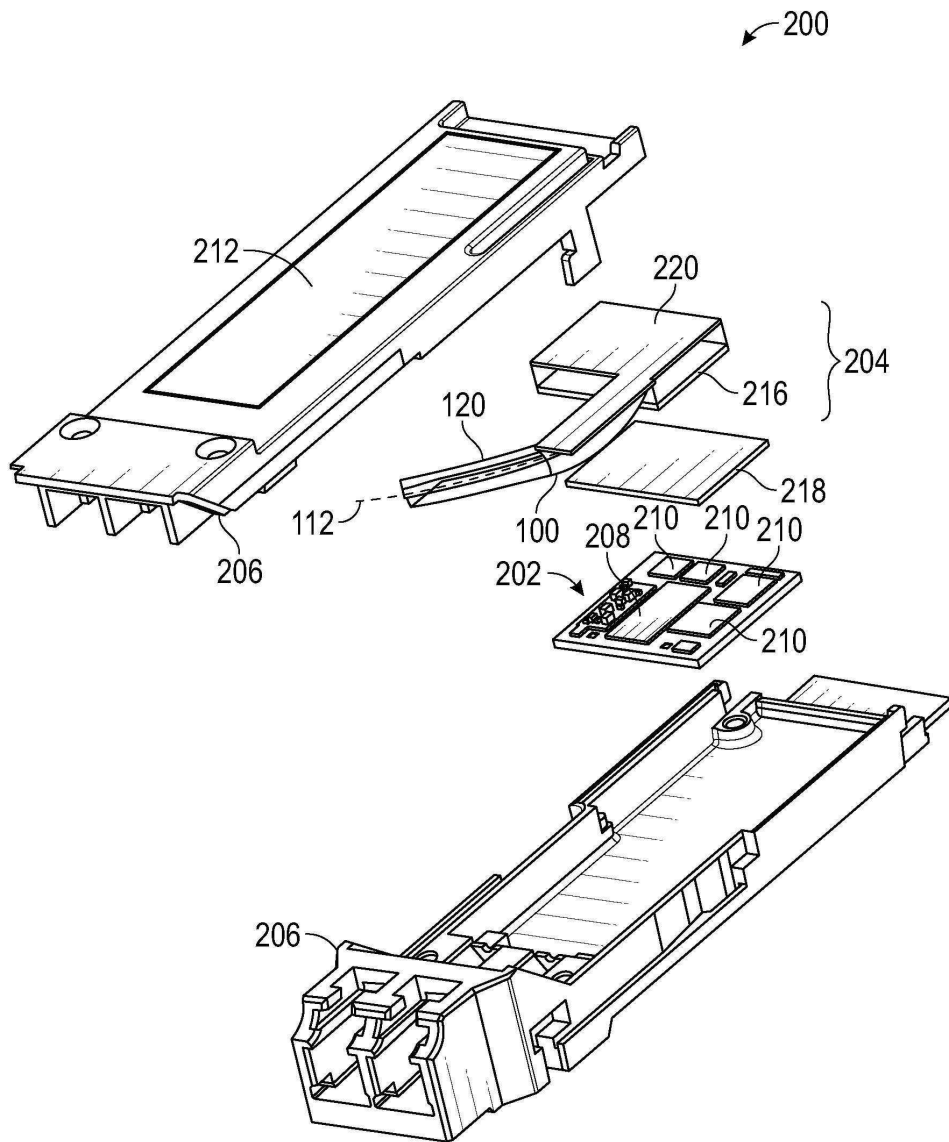
- [0041] 예 15: 예 14의 광학 패키지에 있어서, 제4 온도와 제3 온도 간의 차이는 제2 온도와 제1 온도 간의 차이보다 작다.
- [0042] 예 16: 예 14의 광학 패키지에 있어서, 열 파이프 서브어셈블리는 증발기 구역에서 열 파이프에 부착되고 광학 서브어셈블리와 열 접촉하는 열 전도성 어댑터 플레이트를 포함한다.
- [0043] 예 17: 예 16의 광학 패키지에 있어서, 광자 집적 회로와 어댑터 플레이트 간에 배치되어 광자 집적 회로 및 어댑터 플레이트와 기계적 접촉하는 연질의 열 인터페이스 재료 층을 더 포함한다.
- [0044] 예 18: 예 17의 광학 패키지에 있어서, 응축기 구역을 제외한 구역에서 열 파이프를 열 싱크 접촉 영역으로부터 동적으로 절연하는 단열 구조체를 더 포함한다.
- [0045] 예 19: 예 14 내지 예 18 중 어느 한 예의 광학 패키지에 있어서, 광학 서브어셈블리는 트랜스시버 서브어셈블리이다.
- [0046] 예 20: 예 14 내지 예 19 중 어느 한 예의 광학 패키지에 있어서, 광학 서브어셈블리는 하나 이상의 집적 회로를 포함한다.
- [0047] 비록 본 발명의 청구 대상이 특정 예시적인 실시예들을 참조하여 설명되었지만, 다양한 수정들 및 변화들이 본 발명의 청구 대상의 더 넓은 사상 및 범위에서 벗어나지 않고 이들 실시예들에 대해 이루어질 수 있다는 것이 명백할 것이다. 따라서, 명세서 및 도면들은 제한적 의미보다 오히려 예시로 고려될 것이다.

도면

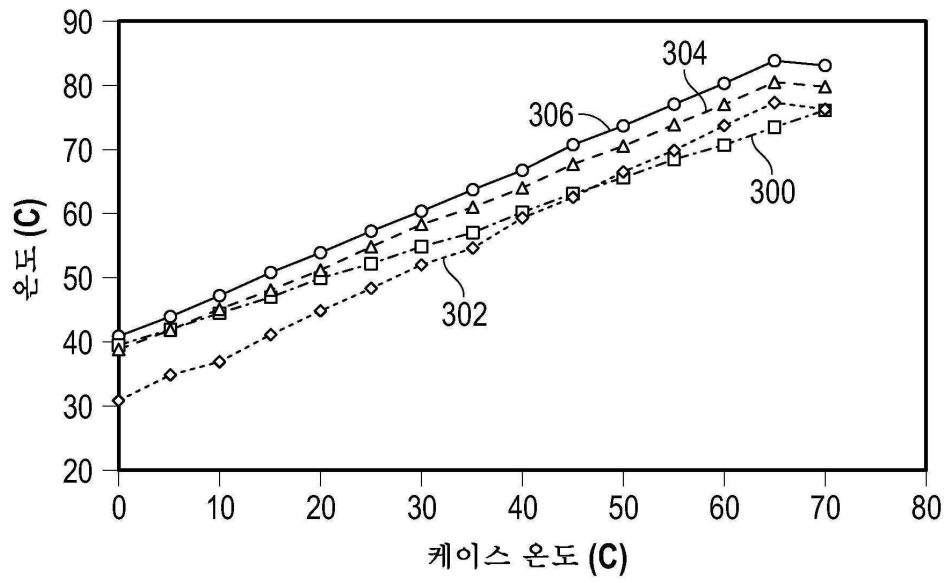
도면1



도면2



도면3



도면4

