

출원번호통지서

출원일자 2023.07.25
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2023-0096537 (접수번호 1-1-2023-0817382-42)
(DAS접근코드C5C0)
출원인명칭 강원대학교산학협력단(2-2004-008857-1)
대리인성명 김정현(9-2001-000021-4)
발명자성명 정의국 한민재 김민수 김승호 이현오 최창남 홍명준 권정훈
발명의명칭 바이패스 히트파이프 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
※ 심사제도 안내 : <https://www.kipo.go.kr>-지식재산제도

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【출원구분】	특허출원
【출원인】	
【명칭】	강원대학교산학협력단
【특허고객번호】	2-2004-008857-1
【대리인】	
【성명】	김정현
【대리인번호】	9-2001-000021-4
【포괄위임등록번호】	2004-076141-2
【발명의 국문명칭】	바이패스 히트파이프 시스템
【발명의 영문명칭】	Bypass Heatpipe System
【발명자】	
【성명】	정의국
【성명의 영문표기】	JUNG, Eui Guk
【주민등록번호】	740319-1XXXXXX
【우편번호】	25495
【주소】	강원특별자치도 강릉시 가작로 78, 교동1주공 107동 501호
【발명자】	
【성명】	한민재
【성명의 영문표기】	HAN, Min Jae
【주민등록번호】	991104-1XXXXXX

【우편번호】 08608

【주소】 서울특별시 금천구 벚꽃로 40, 109동 3501호

【발명자】

【성명】 김민수

【성명의 영문표기】 KIM, Min Su

【주민등록번호】 990323-1XXXXXX

【우편번호】 34400

【주소】 대전광역시 대덕구 동춘당로114번길 47, 204동 501호

【발명자】

【성명】 김승호

【성명의 영문표기】 KIM, Seung Ho

【주민등록번호】 990515-1XXXXXX

【우편번호】 06987

【주소】 서울특별시 동작구 서달로 90, 흑석자이리버파크 301동
1104호

【발명자】

【성명】 이현오

【성명의 영문표기】 LEE, Hyeon O

【주민등록번호】 990811-1XXXXXX

【우편번호】 14996

【주소】 경기도 시흥시 장현장곡로 79, 2402동 2304호

【발명자】

【성명】 최창남
【성명의 영문표기】 CHOI, Chang Nam
【주민등록번호】 991224-1XXXXXX
【우편번호】 22735
【주소】 인천광역시 서구 청라에메랄드로 134, 211동 1602호

【발명자】

【성명】 홍명준
【성명의 영문표기】 HONG, Myung Jun
【주민등록번호】 990410-1XXXXXX
【우편번호】 12217
【주소】 경기도 남양주시 경춘로 1305, 105동 202호

【발명자】

【성명】 권정훈
【성명의 영문표기】 KWON, Cheong Hoon
【주민등록번호】 780623-2XXXXXX
【우편번호】 25908
【주소】 강원특별자치도 삼척시 마달길 215, 105동 1301호

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1711172419

【과제번호】 2022R1F1A1066459

【부처명】 과학기술정보통신부
【과제관리(전문)기관명】 한국연구재단
【연구사업명】 개인연구사업
【연구과제명】 루프히트파이프의 비정상상태 열성능 해석모델 개발
【기여율】 1/2
【과제수행기관명】 강원대학교
【연구기간】 2022.06.01 ~ 2023.05.31

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1711179917
【과제번호】 2022R1A2C1009690
【부처명】 과학기술정보통신부
【과제관리(전문)기관명】 한국연구재단
【연구사업명】 개인연구사업
【연구과제명】 고전도성 효소층 기반 섬유형 바이오 연료전지 개발 및 융합형 구동 시스템 구축
【기여율】 1/2
【과제수행기관명】 강원대학교
【연구기간】 2023.03.01 ~ 2024.02.29

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 김정현 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】	0 면	46,000 원
【가산출원료】	47 면	0 원
【우선권주장료】	0 건	0 원
【심사청구료】	6 항	407,000 원
【합계】		453,000원
【감면사유】	전담조직(50%감면)[1]	
【감면후 수수료】	226,500 원	

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

바이패스 히트파이프 시스템{Bypass Heatpipe System}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 바이패스 히트파이프 시스템에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0003】 열에너지 관리는 여러 가지 기계시스템이나 전자전기 부품의 정상적인 작동에 있어서 필수적으로 요구된다. 특히 전기저항으로 유도되는 발열로 인한 고온환경은 고집적화된 전자장비의 정상적인 작동에 심각한 위험이 될 수 있다. 히트파이프는 별도의 외부의 전원 없이 열에너지를 원거리로 이송할 수 있는 상당히 효과적인 열관리 장치이다. 높은 유효열전도율을 가지고 증발부와 응축부 사이에서 액체에서 증기로 또는 그 반대로 순환하는 2상 열제어 장치이다. 높은 열전달 능력으로 인해, 고열유속을 다루는데 있어서 히트파이프들을 가진 열교환기들은 전통적인 열교환기들에 비해 상당히 소형으로 설계될 수 있다.

【0004】 히트파이프 기술은 마이크로 수준의 전자공학에서 열교환기의 열성능을 향상시키는데 있어서 많은 응용분야로 확장되었다. 고집적화된 전자제품의 패키지 환경을 고려할 때, 추가적인 외부동력이 요구되지 않고 작동유체와 전자회로가 전기적으로 완전하게 절연될 수 있을 뿐만 아니라 발열부와 방열부가 일정거리

로 격리시킬 수 있다는 장점으로 인해 히트파이프가 전자장비의 열관리 장치로써 주목되어 왔다. 뿐만 아니라 고전적인 난방, 환기 및 공기조화시스템 (HVAC)의 에너지절약, 인체(human body)에 대한 온도조절 시스템들, 우주선 및 다양한 유형의 원자로 기술들을 포함한 기타 산업분야에서 폭 넓은 냉각장치로 적용되고 있다.

【0005】 종래의 히트파이프는 모세관 순환을 가지는 2 상 흐름을 통해 매우 높은 열에너지 전도를 달성하는 독립된 원형의 구조이다. 히트파이프는 열을 전달하기 위한 증발-응축 장치로서 2 상 흐름 체제(regime)하에서 작동되며 기화잠열은 상응하는 작은 온도 차이로 장거리 열을 전달하기 위해 이용된다.

【0006】 증발부의 기화잠열은 상응하는 작은 온도 차이를 가지고 응축부에서 응축잠열로 냉각원을 통해 배출된다. 히트파이프의 구동력은 모세구조물의 포어(pore)에서 증기-액체경계면의 곡률에 의해 생산되는 모세관 압력이다. 모세관 압력에 의해서 증발부에서 응축된 액체는 모세구조물을 영역을 통하여 증발부로 귀환한다. 그러므로 히트파이프의 열전달 성능향상에 관한 연구들은 주로 우수한 모세구조물의 설계를 통해 모세구조물을 개선하여 모세압력을 향상시키며 작동환경에 적절한 작동유체를 선정하여 보다 우수한 열전달 성능을 확보하는데 주로 목적으로 두었다.

【0007】 그러나 모세구조물의 최적화만으로는 정상상태 열전달 성능을 향상시키는 데 한계가 있으며 이를 극복하기 위해서는 증기측 압력강하가 적어 페루프 순환 효율이 향상된 최적화된 구조가 필요하다.

【0008】 본 명세서에서 언급된 특허문헌 및 참고문헌은 각각의 문헌이 참조

에 의해 개별적이고 명확하게 특정된 것과 동일한 정도로 본 명세서에 참조로 삽입된다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

【비특허문헌】

【0011】 (비특허문헌 0001) Z. Gaugler, Heat pipe design and technology: modern applications for practical thermal management, Springer, 2016, 1-50.

(비특허문헌 0002) D. M. Weragoda, G. Tian, A. Burkitbayev, K. H. Lo, T. Zhang, A comprehensive review on heat pipe based battery thermal management systems, Applied Thermal Engineering 2023, 18, 120070.

(비특허문헌 0003) Z. Li, H. Zhang, Z. Huang, D. Zhang, H. Wang, Characteristics and optimization of heat pipe radiator for space nuclear propulsion spacecraft, Progress in Nuclear Energy 2022, 150, 104307.

(비특허문헌 0004) V. K. Patel, An efficient optimization and comparative analysis of ammonia and methanol heat pipe for satellite application, Energy Conversion and Management 2018, 165, 382-395.

(비특허문헌 0005) V. K. Patel, An efficient optimization and

comparative analysis of ammonia and methanol heat pipe for satellite application, Energy Conversion and Management 2018, 165, 382-395.

(비특허문헌 0006) Y. Li, N. Li, B. Shao, D. Dong, Z. Jiang, Theoretical and experimental investigations on the supercritical startup of a cryogenic axially Ω -shaped grooved heat pipe, Applied Thermal Engineering 2023, 222, 119951.

(비특허문헌 0007) J. Zhao, Y. Ji, D. Z. Yuan, Y. X. Guo, S. W. Zhou, Structural effect of internal composite wick on the anti-gravity heat transfer performance of a concentric annular high-temperature heat pipe, International Communications in Heat and Mass Transfer 2022, 139, 106404.

(비특허문헌 0008) Z. Zhao, G. Peng, Y. Zhang, D. Zhang, Heat Transfer performance of flat micro-heat pipe with sintered multi-size copper powder wick, Case Studies in Thermal Engineering 2023, 42, 102720.

(비특허문헌 0009) S. C. Wong, Y. C. Lin, J. H. Liou, Visualization and evaporator resistance measurement in heat pipes charged with water, methanol or acetone, International Journal of Thermal Sciences 2012, 52, 154-160.

(비특허문헌 0010) W. Zhou, Y. Li, Z. Chen, L. Deng, B. Li, Experimental study on the heat transfer performance of ultra-thin flattened heat pipe with hybrid spiral woven mesh wick structure, Applied Thermal

Engineering 2020, 170, 115009.

(비특허문헌 0011) G. Huang, W. Liu, Y. Luo, Y. Li, H. Chen, Fabrication and capillary performance of a novel composite wick for ultra-thin heat pipes, International Journal of Heat and Mass Transfer 2021, 176, 121467.

(비특허문헌 0012) S. Huang, Z. Wan, X. Zhang, X. Yang, Y. Tang, Evaluation of capillary performance of a stainless steel fiber-power composite wick for stainless steel heat pipe, Applied Thermal Engineering 2019, 148, 1224-1232.

(비특허문헌 0013) S. C. Wong, M. S. Deng, M. C. Liu, Characterization of composite mesh-groove wick and its performance in a visualizable flat-plate heat pipe, International Journal of Heat and Mass Transfer 2022, 184, 122259.

(비특허문헌 0014) S. M. Henein, A. A. Abdel-Rehim, The performance response of a heat pipe evacuated tube solar collector using MgO/MWCNT hybrid nanofluid as a working fluid, Case Studies in Thermal Engineering 2022, 33, 101957.

(비특허문헌 0015) M. Zhang, Z. Liu, G. Ma, S. Cheng, The experimental study on flat plate heat pipe of magnetic working fluid, Experimental Thermal

and Fluid Science 2009, 33, 1100-1105.

(비특허문헌 0016) V. Aye1, M. Solbodeniuk, R. Bertossi, A. Karmakar, F. Martineau, C. Romestant, Y. Bertin, S. Khandekar, Thermal performances of a flat-plate pulsating heat pipe tested with water, aqueous mixtures and surfactants, Internatinal Journal of Thermal Sciences 2022, 178, 107599.

(비특허문헌 0017) Y. Wu, J. Cheng, H. Zhu, H. Xue, Q. Lu, Y. Li, W. Li, H. Tao, Experimental study on heat transfer characteristics of separated heat pipe with compact structure for spent fuel pool, Annals of Nuclear Energy 2023, 181, 109580.

(비특허문헌 0018) E. G. Jung, J. H. Boo, Enhancement of the maximum heat transfer rate of the heat pipe through the bypass line, Applied Thermal Engineering 2021, 198, 117461.

(비특허문헌 0019) Y. M. Baek, E. G. Jung, Experimental study on start-up and steady-state heat transfer performance of heat pipe with liquid bypass line for accelerating working fluid, Case Studies in Thermal Engineering 2022, 29, 101708.

(비특허문헌 0020) Holman JP. Experimental methods for engineers. McGraw-Hill, 1996.

【발명의 내용】**【해결하고자 하는 과제】**

【0012】 히트파이프는 바이패스되는 액체의 양이 많아질수록 히트파이프 내부 공간의 액체와 증기에 대한 압력강하가 더 많이 감소될 수 있으므로 정상상태 열전달 성능이 향상될 수 있다. 본 연구의 목적은 바이패스 밸브를 조절하므로 활성화되는 다수의 바이패스 포트를 가져 바이패스되는 작동유체의 질량유량을 증가시킬 수 있으므로 정상상태 열전달 성능이 향상된 바이패스 히트파이프 시스템을 제공하는데 있다.

【0013】 본 발명의 다른 목적 및 기술적 특징은 이하의 발명의 상세한 설명, 청구의 범위 및 도면에 의해 보다 구체적으로 제시된다.

【과제의 해결 수단】

【0015】 본 발명은 증발부, 단열부, 및 응축부로 구성되며 바이패스 포트가 형성된 히트파이프; 바이패스 포트가 형성된 바이패스 튜브; 상기 히트파이프 또는 상기 바이패스 튜브의 내부에 위치하여 폐순환하는 작동유체; 및 상기 히트파이프의 바이패스 포트와 상기 바이패스 튜브의 바이패스 포트를 연결하며 상기 작동유체의 유로 및 이동을 조절하는 바이패스 밸브;를 포함하는 바이패스 히트파이프 시스템을 제공한다.

【0016】 상기 히트파이프의 증발부에는 히터블록이 구비되며 상기 히트파이프의 응축부에는 쿨링 자켓이 구비되는 것을 특징으로 한다.

【0017】 상기 히트파이프의 바이패스 포트는 상기 증발부 및 상기 응축부에 설치되고 상기 바이패스 튜브와 연결되어 폐순환하는 작동유체의 질량유량을 증가시키는 것을 특징으로 한다.

【0018】 상기 바이패스 히트파이프 시스템은 수평을 기준으로 상기 증발부는 하부에 위치하고 상기 응축부는 상부에 위치하여 작동유체의 폐순환을 향상시키는 것을 특징으로 한다.

【0019】 상기 히트파이프의 내벽은 외벽 방향을 기준으로 역사다리꼴 그루브 형상을 가져 상기 작동유체의 순환에 필요한 모세관 현상의 추진력을 제공하는 것을 특징으로 한다.

【0020】 상기 작동유체는 상기 히트파이프 내벽의 그루브 허용 용적 대비 90 내지 130 %로 충전되는 것을 특징으로 한다.

【발명의 효과】

【0022】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 작동유체의 질량유량을 증가시키는 바이패스를 구비하여 내부 공간의 액체와 증기에 대한 압력강하를 감소시켰으며; 히트파이프 내부 벽체의 구조를 역사다리꼴 형상을 구현하여 모세관 현상 추진력을 향상시켰으며; 작동유체의 충전량을 최적화하였으므로 향상된 정상상태

열전달 성능을 가지는 장점이 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0024】 도 1은 종래의 표준히트파이프의 구조를 도식적으로 보여준다.

도 2는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 구조를 도식적으로 보여준다.

도 3은 본 발명의 실험에 사용한 종래의 표준히트파이프 샘플과 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 샘플을 보여준다.

도 4는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 히트파이프 내벽 구조를 도식적으로 보여준다.

도 5는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 열전달 성능 측정 장치를 개략적으로 보여준다.

도 6은 본 발명의 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$)의 조건에서 종래의 히트파이프 대비 NOM-바이패스 히트파이프 시스템의 열저항(R_{th})의 불확실도를 분석한 결과를 보여준다.

도 7은 본 발명의 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$)에서 종래의 히트파이프와 NOM 바이패스 히트파이프 시스템 사이의 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)을 비교한 결과를 보여준다.

도 8은 본 발명의 NOM 바이패스 히트파이프 시스템의 작동유체 충전률(Φ , %)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)을 보여준다.

도 9는 본 발명의 NOM-바이패스 히트파이프 시스템의 입력 열부하에 따른 열 손실을 분석한 결과를 보여준다.

도 10은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 수평 기울기($\phi = 0^\circ$) 및 입력 열부하 200 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 11은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\phi = 20^\circ$ 및 입력 열부하 600 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 12는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\phi = 40^\circ$ 및 입력 열부하 700 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 13은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\phi = 50^\circ$ 및 입력 열부하 700 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 14는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 수평 기울기 조건($\phi = 0^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 15는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 기울기 조

건($\varphi = 20^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 16은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 기울기 조건($\varphi = 50^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 17은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 기울기 변화에 따른 열저항의 변화를 분석한 결과를 보여준다.

도 18은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$)조건에서의 입력 열부하에 따른 증발부 외벽의 최고온도를 보여준다.

도 19는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 기울기($\varphi = 40^\circ$)조건에서의 입력 열부하에 따른 증발부 외벽의 최고온도를 보여준다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0025】 본 발명은 증발부, 단열부, 및 응축부로 구성되며 바이패스 포트가 형성된 히트파이프; 바이패스 포트가 형성된 바이패스 튜브; 상기 히트파이프 또는 상기 바이패스 튜브의 내부에 위치하여 폐순환하는 작동유체; 및 상기 히트파이프의 바이패스 포트와 상기 바이패스 튜브의 바이패스 포트를 연결하며 상기 작동유체의 유로 및 이동을 조절하는 바이패스 밸브;를 포함하는 바이패스 히트파이프 시스템을 제공한다.

【0026】 상기 히트파이프의 증발부에는 히터블록이 구비되며 상기 히트파이프의 응축부에는 쿨링 자켓이 구비되는 것을 특징으로 하며 기 히트파이프의 바이패스 포트는 상기 증발부 및 상기 응축부에 설치되고 상기 바이패스 튜브와 연결되어 폐순환하는 작동유체의 질량유량을 증가시키는 것을 특징으로 한다.

【0027】 상기 바이패스 히트파이프 시스템은 수평을 기준으로 상기 증발부는 하부에 위치하고 상기 응축부는 상부에 위치하여 작동유체의 폐순환을 향상시키는 것을 특징으로 하며 상기 히트파이프의 내벽은 외벽 방향을 기준으로 역사다리꼴 그루브 형상을 가져 상기 작동유체의 순환에 필요한 모세관 현상의 추진력을 제공하는 것을 특징으로 한다.

【0028】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 작동유체를 상기 히트파이프 내벽의 그루브 허용 용적 대비 90 내지 130 %로 충전하는 것을 특징으로 한다.

【0029】 하기에서 실시예를 통해 본 발명을 상세히 설명한다.

【0031】 실시예

【0033】 1. 바이패스 히트파이프 시스템

【0034】 본 발명에서는 바이패스질량유량에 따른 히트파이프의 온도변화가 없는 정상상태 열전달 성능을 조사하기위해 바이패스 히트파이프 시스템을 구성하였다.

【0035】 도 1은 종래의 표준히트파이프의 구조를 도식적으로 보여주며; 도 2는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 구조를 도식적으로 보여준다.

【0036】 도 3은 본 발명의 실험에 사용한 종래의 표준히트파이프 샘플과 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 샘플을 보여주며; 도 4는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 히트파이프 내벽 구조를 도식적으로 보여준다.

【0037】 종래의 히트파이프는 증발부(Evaporator Section), 단열부(Adiabatic Section), 및 응축부(Condensor Section)으로 구성된다. 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 증발부, 단열부, 및 응축부로 구성되며 바이패스 포트가 형성된 히트파이프; 바이패스 포트가 형성된 바이패스 튜브; 상기 히트파이프 또는 상기 바이패스 튜브의 내부에 위치하는 작동유체; 상기 히트파이프의 바이패스 포트와 상기 바이패스 튜브의 바이패스 포트를 연결하며 작동유체의 유로 및 이동을 조절하는 바이패스 밸브로 구성된다. 상세하게는 증발부, 단열부, 및 응축부로 구성되며 4개의 바이패스 포트가 형성된 히트파이프; 4개의 바이패스 포트가 형성된 바이패스 튜브; 상기 히트파이프와 상기 바이패스 튜브의 내부에 위치하는 작동유체; 상기 히트파이프의 바이패스 포트와 상기 바이패스 튜브의 바이패스 포트를 연결하며 작동유체의 유로 및 이동을 조절하는 바이패스 밸브로 구성된다.

【0039】 1) 히트파이프

【0040】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 히트파이프는 증발부(Evaporator Section); 단열부(Adiabatic Section); 및 응축부(Condensor Section);로 구성되며 4개의 바이패스 포트(도 2 참조)를 포함한다.

【0041】 상기 증발부에는 히터블록(Heater Block)에 구비될 수 있으며 상기 응축부에는 쿨링 자켓(Cooling Jacket)이 구비될 수 있다. 또한 상기 응축부의 끝에는 작동유체의 충전용 튜브가 부착될 수 있다.

【0042】 상기 히트파이프는 알루미늄으로 제조하였으며 총 길이 750 mm로 제조하였다. 상기 히트파이프는 증발부 200 mm; 단열부 350 mm; 및 응축부 200 mm로 구성되며 두께 1 mm; 외경 15.88 mm; 및 내경 13.88 mm인 파이프로 제조하였다.

【0043】 상기 히트파이프의 증발부에는 1개의 바이패스 포트(제 1 바이패스 포트)가 설치되며; 응축부 시작 부위인 550 mm 위치에 다른 1개의 바이패스 포트(제 2 바이패스 포트)가 설치되며; 응축부 중앙 부위인 648 mm 위치에 또 다른 1개의 바이패스 포트(제 3 바이패스 포트)가 설치되며; 응축부 끝 부위인 747 mm 위치에 또 다른 1개의 바이패스 포트(제 4 바이패스 포트)가 설치된다.

【0044】 상기 바이패스 포트에는 작동유체의 이동을 On/Off 하므로 유량을 조절하는 바이패스 밸브(Bypass Line Flow Valve, BL FV)가 설치되며 이를 통해 상기 히트파이프와 상기 바이패스 튜브가 연결된다. 상기 제 1 바이패스 포트에는 제 1 바이패스 밸브(BL FV #1)가 설치되며; 상기 제 2 바이패스 포트에는 제 2 바이패스 밸브(BL FV #2)가 설치되며; 상기 제 3 바이패스 포트에는 제 3 바이패스 밸브

(BL FV #3)가 설치되며; 상기 제 4 바이패스 포트에는 제 4 바이패스 밸브(BL FV #4)가 설치된다.

【0045】 상기 바이패스 밸브를 On으로 하면 응축부의 내부 액체가 단열부를 통과하지 않고 바이패스 튜브를 통해 증발부로 이동하게 되며 상기 바이패스 밸브의 On 정도에 따라 이동하는 작동유체의 질량유량이 조절된다.

【0046】 상기 히트파이프의 내벽은 외벽 방향을 기준으로 역사다리꼴 그루브 형상을 가진다. 상기 역사다리꼴 그루브는 높이 2 mm; 바닥 길이 0.7 mm; 및 턱 길이 0.93 mm이므로 작동유체의 순환에 필요한 모세관 현상의 추진력을 제공한다.

【0048】 2) 바이패스 튜브 및 바이패스 밸브

【0049】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 바이패스 튜브는 알루미늄으로 제작하였으며 전체 길이 747 mm; 및 외경 6.35 mm인 파이프로 제조하였다. 상기 바이패스 튜브는 상기 히트파이프의 바이패스 포트에 대응하는 바이패스 포트를 포함하며 각 포트에 대응하는 바이패스밸브를 통해 히트파이프와 연결된다. 상기 BL FV #2 및 #3은 바이패스 되는 작동유체의 질량유량을 제어하는 역할을 하며 BL FV #1 및 #4은 바이패스 유로를 확보하는 역할을 한다. 상기 응축부에 설치된 바이패스라인 포트의 위치와 수는 바이패스 되는 작동유체의 질량유량에 지대하게 영향을 미친다. 따라서 상기 응축부에서 활성화되는 바이패스 포트 수는 본 발명의 중요한 변수가 된다.

【0051】 3) 작동유체

【0052】 본 발명의 작동유체는 작동온도 범위와 히트파이프 재료와의 적합성을 고려하여 선정 할 수 있다. 본 발명에서는 알루미늄 재료와 우수한 적합성을 가지는 순도 99 %를 가지는 아세톤을 작동유체로 사용하였다.

【0053】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 내부공간의 압력이 1.1×10^{-3} torr이하인 진공환경이 되도록 한 후 응축부의 끝에는 설치된 튜브를 통해 작동유체를 주입하였다.

【0055】 2. 바이패스 히트파이프 시스템의 검증

【0056】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 바이패스 튜브의 부착으로 인해 종래의 히트파이프 대비 열전달 성능이 저하될 수 있다. 이는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 바이패스 밸브를 모두 폐쇄하여 종래의 히트파이프와 동일한 조건이 되도록 하더라도 작동유체가 바이패스 포드의 홀(Hole)을 통하여 바이패스 밸브 입구까지 출입하는 과정에서 유동저항이 생길 수 있기 때문이다.

【0057】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 바이패스 밸브를 모두 폐쇄한 조건에서 종래의 히트파이프(표준히트파이프, 비교군)와의 열전달 성능을 비교하였다. 상기 바이패스 밸브가 모두 폐쇄된 바이패스 히트파이프 시스템은 Normal Operation Mode(NOM) 바이패스 히트파이프 시스템으로 명명하였다.

【0058】 도 5는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 열전달 성능 측정 장치를 개략적으로 보여준다. 하기 표 1은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 열전달 성능 측정 장치를 구성하는 기기의 에러 및 불확실도(Uncertainty)를 보여준다.

【0059】 【표 1】

Independent Variable	Error(gauge)	Uncertainty
Thermocouple(OMEGA, T-type, 30 AWG)	0.5 °C	0.00175
Thermal load(ISM, HD-301M)	0.5 %	0.005
Isothermal bath(Neslab, RTE-111)	0.1 °C	0.0004
Data acquisition system(Fluke, NetDAQ2640A)	0.01 %	0.0001
Flow meter(Dwyer, RMA-2)	0.5 cc	0.04

【0060】 상기 열전달 성능 측정 장치는 냉각원(Coolant)이 흐르는 쿨링 자켓이 히트파이프의 응축부를 감싸도록 설계되었다. 냉각원으로 물이 사용되었으며, 항온수조(Isothermal Bath)에 의해 냉각원의 온도가 일정하게 제어되었다. 실험에 사용된 항온조는 3 °C에서 최대 1 kW의 항온 능력을 가진다.

【0061】 전체 실험과정에서 냉각원의 체적유량은 분당 3 L로 일정하게 유지되었으며, 최대 4 %의 불확실도를 가지는 로터미터(Rotameter)에 의해 제어되었다. 상기 열전달 성능 측정 장치는 증발부 전체를 둘러싸는 알루미늄 히터블럭에 1 kW를 가지는 4개의 전기저항식 카트리지형 히터가 삽입되어 히트파이프에 열부하를 입력한다. 전압조절기에 의해 일정한 입력 열부하가 공급되었으며, 입력 열부하는 최대 0.5 %의 불확실도를 가지는 전력계(Wattmeter)에 의해 측정되었다. 상기 열전달 성능 측정 장치는 히트파이프의 축 방향을 따라 7 개의 주요 위치에서 온도가

측정되었다. 히트파이프 외벽온도들은 K-type AWG 30 (0.25 mm wire diameter) 열전대(Thermocouples)에 의해 측정되었다. 증발부의 외벽온도들($T_{\text{evap.1}}$, $T_{\text{evap.2}}$, 및 $T_{\text{evap.3}}$)을 측정하기 위해 증발부의 시작, 중앙 및 끝에 각각 동일한 간격으로 3개의 열전대를 부착하였다. 또한 단열부의 중앙에 열전대를 부착하여 단열부 대표온도($T_{\text{adia.}}$)를 측정하였다. 통상적으로 히트파이프 실험에서 단열부 온도는 작동유체의 증기온도로 취급된다. 응축부의 외벽온도($T_{\text{cond.1}}$, $T_{\text{cond.2}}$, and $T_{\text{cond.3}}$)를 측정하기 위해 응축부의 시작, 중앙 및 끝에 동일한 간격으로 3개의 열전대가 부착되었다. 액체바이패스 흐름은 바이패스라인에 부착된 4 개의 열전대들 (T_{BL1} , T_{BL2} , T_{BL3} and T_{BL4})에 의해 감지되었다. 바이패스라인에 부착된 열전대들은 히트파이프 외벽에 부착한 것과 동일한 사양을 가진다. 이들 열전대들은 각 바이패스밸브들의 출구에 인접한 위치에 부착하여 밸브를 통과한 바이패스흐름을 모니터링 할 수 있도록 하였다. 냉각자켓 입구와 출구에 삽입된 3 mm를 가지는 프로브 형태의 열전대에 의해 측정된 냉각원(Coolant)의 입구 온도와 출구온도($T_{\text{cool.in}}$ 및 $T_{\text{cool.out}}$)는 응축부에서 냉각원으로 전달되는 열에너지는 배출되는 열에너지를 조사하기 위해 측정되었다.

【0062】 상기 열전대는 온도범위 3 내지 100 °C에서 온도 오차 0.1°C 범위 이내인 표준 아날로그 온도계에 의해 보정되었으며, 이에 따라 열전대로 측정된 모든 온도자료들이 아날로그 온도계기준으로 보정되었다. 상기 열전대로에 의해 측정된 온도자료들은 자료획득장치(DAQ)를 이용하여 1초 간격으로 감지되어 소프트웨어에 저장되었다.

【0063】 히트파이프 내부공간의 불응축 가스 발생을 최소화하기 위해 히트파이프 시스템을 구성하는 모든 부품들은 아세톤으로 충전된 초음파세척기를 통하여 세척되었다. 일정한 온도를 가지는 연구실 환경하에서 전체실험과정이 수행되었으며, 히트파이프 전체 시스템은 대기와의 열접촉을 최소화하기 위해 세라믹 울에 의해 견고하게 단열되었다. 응축부에서 냉각원으로 배출되는 열에너지(배출 열에너지 Q_{out})는 수학적 식 1에 의해 정의되었다.

【0064】 【수학적 식 1】

$$Q_{out} = (\rho \dot{V} c)_{cool} (T_{cool.out} - T_{cool.in})$$

【0065】 상기 수학적 식 1에 있어서, $T_{cool.in}$ 는 냉각원 입구 온도를 의미하며; $T_{cool.out}$ 는 냉각원 출구온도를 의미하며; \dot{V} 는 응축부를 가로지르는 냉각원의 체적유량을 의미한다. 히트파이프를 통하여 냉각원으로 배출되는 열전달량과 입력 열부하 사이의 에너지 균형을 기준으로 주위로의 열손실은 10 % 미만으로 측정되었다.

【0066】 도 6은 본 발명의 수평 기울기($\theta = 0^\circ$)의 조건에서 종래의 히트파이프 대비 NOM-바이패스 히트파이프 시스템의 열저항(R_{th})의 불확실도를 분석한 결과를 보여준다.

【0067】 상기 열저항(R_{th})은 하기 수학적 식 2을 이용하여 산출하였다.

【0068】 【수학식 2】

$$R_{th} = (\bar{T}_{evap.} - \bar{T}_{cond.}) / Q_{in}$$

【0069】 상기 수학식 1에서 R_{th} 는 열저항을 의미하며; \bar{T}_{evap} 는 증발부 외벽온도의 평균을 의미하며; \bar{T}_{cond} 는 응축부 외벽온도의 평균을 의미하며; Q_{in} 은 입력 열부하(W)를 의미한다.

【0070】 분석결과 입력 열부하가 50 W에서 100 W으로 증가하면 열저항 불확실도가 증가하다가 100 W을 초과하면 입력 열부하가 증가함에 열저항 불확실도가 감소하는 것으로 확인되었다. 도 6의 결과에 따르면 열저항 불확실도는 입력 열부하 100 W에서의 열저항 불확실도는 최대 11 %인 것으로 평가되었으며, 입력 열부하 100 W을 초과한 경우에는 열저항 불확실도가 5 % 미만인 것으로 확인되었다.

【0071】 도 7은 본 발명의 수평 기울기($\phi = 0^\circ$)에서 종래의 히트파이프와 NOM 바이패스 히트파이프 시스템 사이의 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)을 비교한 결과를 보여준다. 분석결과 입력 열부하 50 W 및 100 W에서는 종래의 히트파이프가 NOM 바이패스 히트파이프 시스템에 대비하여 낮은 열저항을 보였으나 150 W 및 200 W에서는 NOM 바이패스 히트파이프 시스템이 종래의 히트파이프 보다 낮은 열저항을 보이는 것으로 확인되었다.

【0073】 3. 작동유체의 충전량에 따른 바이패스 히트파이프 시스템의 성능

【0074】 히트파이프의 작동유체 충전률(Fill Charge Ratio)은 실험에 의해 적절하게 산정되어야 한다. 작동유체가 과하게 충전되면 증발부 끝단에 생성되는 액체풀(Liquid Pool)이 열을 흡수하게 되므로 응축부로의 열전달에 방해가 될 수 있다. 또한 작동유체가 부족하게 충전되면 히트파이프가 감당할 수 있는 입력 열부하가 감소하는 문제가 발생할 수 있다.

【0075】 본 발명의 작동유체 충전량은 NOM 바이패스 히트파이프 시스템을 기준으로 산정되었다. 히트파이프의 작동유체 충전율(Fill Charge Ratio, Φ)은 히트파이프 그루브의 허용 용적(Void Volume)을 100 %로 정의하였다.

【0076】 도 8은 본 발명의 NOM 바이패스 히트파이프 시스템의 작동유체 충전률(Φ , %)에 따른 열저항(R_{th} , $^{\circ}\text{C}/\text{W}$)을 보여준다. 도 8은 수평 기울기($\varphi = 0^{\circ}$); 냉각수 온도 3°C ; 및 입력 열부하 50 W, 100 W, 200 W, 또는 250 W에서 작동유체 충전율(Φ , %)에 따른 열저항(R_{th} , $^{\circ}\text{C}/\text{W}$)을 분석하였다.

【0077】 실험결과 작동유체 충전율이 140 %인 경우 모든 입력 열부하 조건에서 가장 높은 열저항이 측정되어 열전달 성능이 낮은 것으로 확인되었다. 입력 열부하 50 W의 경우 작동유체 충전율 100 %에서 가장 낮은 열저항을 보이는 것으로 확인되었으며; 입력 열부하 100 W의 경우 작동유체 충전율 110 %에서 가장 낮은 열저항을 보이는 것으로 확인되었으며; 입력 열부하 150 W와 200 W의 경우 120 %에서 가장 낮은 열저항을 보이는 것으로 확인되었다. 따라서 최적의 작동유체 충전율은

그루브 허용 용적(Void Volume) 대비 120%(작동유체 충전량 17.63 ml)인 것으로 판단된다.

【0078】 도 9는 본 발명의 NOM-바이패스 히트파이프 시스템의 입력 열부하에 따른 열손실을 분석한 결과를 보여준다. 도 9는 수평 기울기($\phi = 0^\circ$)에서 입력 열부하 100 W, 150 W, 또는 200 W에 따른 배출 열에너지(Q_{out}) 및 열손실(Q_{loss} , %)을 분석하였다. 상기 열손실(Q_{loss} , %)은 하기 수학적 식 3을 통해 산출하였다.

【0079】 【수학적 식 3】

$$Q_{loss}[\%] = (Q_{in} - Q_{out}) / Q_{in} \times 100$$

【0080】 분석결과 전체적으로 10 % 이내의 열손실을 보이는 것으로 확인되었으며 입력 열부하 100 W에서 최소 열손실(5.1 %)을 보이고 입력 열부하 200 W에서 최대 열손실(7.9 %)을 보이는 것으로 확인되었다.

【0082】 4. 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 따른 열전달 성능

【0083】 본 발명은 응축부에 활성화된 바이패스포트의 수에 따른 히트파이프의 온도변화가 없는 정상상태 추이를 측정하는 것이다. 이를 위하여 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템의 바이패스 밸브를 ON 또는 OFF로 조절하여 서로 다른 작동모드로 조절한 후 정상상태의 열전달을 분석하였다.

【0084】 바이패스라인이 활성화되기 위해서 증발부 시작에 위치한 제어밸브 (BL FV#1)는 필수적으로 개방되어야 하며, 응축부에 부착된 3 개의 바이패스밸브 중 적어도 하나는 개방되어야 한다. 바이패스라인이 활성화되어 작동유체가 바이패스 되는 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드는 Bypass Operation Mode(이하 BOM으로 표기)로 정의되었다. 참고로 바이패스라인이 모두 비활성화되어 작동유체가 바이패스 되는지 않는 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드는 Bypass Operation Mode(이하 BOM으로 표기)로 정의되었다(하기 표 2 참조).

【0085】 【표 2】

Bypass Operation Mode	BL FV #1	BL FV #2	BL FV #3	BL FV #4
	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF	ON/OFF
NOM	OFF	OFF	OFF	OFF
BOM I	ON	ON	OFF	OFF
BOM II	ON	ON	ON	OFF
BOM III	ON	ON	ON	ON

【0086】 상기 표 2에서 보는 바와 같이 전체 바이패스밸브가 폐쇄된 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드; 증발부 시작 부위의 바이패스 밸브(BL FV #1)와 응축부 시작 부위의 바이패스 밸브(BL FV #2)가 개방된 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드; 증발부 시작 부위의 바이패스 밸브(BL FV #1), 응축부 시작 부위의 바이패스 밸브(BL FV #2) 및 중앙 부위의 바이패스 밸브(BL FV #3)가 개방된 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드; 및 히트파이프에 부착된 모든 바이패스 밸브가 개방된 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드;로 구분하여 열전달 성능을 평가하였다. 상기 작동모드의 정상상태 열전달 성능은 획득

된 온도자료를 바탕으로 열 저항과 비교분석하였다.

【0087】 도 10은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$) 및 입력 열부하 200 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다. 패널 (a)는 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (b)는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (c)는 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (d)는 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과를 보여준다.

【0088】 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우에, 실험시간 105 분 이후에 모든 부위의 온도들이 변화 없이 일정하게 유지되는 정상상태에 도달하였으며 증발부 시작 부위에 설치된 열전대($T_{vap.1}$)에서 측정된 최대 벽온도는 정상상태에 도달하였을 때 최대 104.9 °C까지 상승한 것으로 확인되었다.

【0089】 상기 작동 모드에 대하여 바이패스 시작 시간(Bypass Start T, BST)을 측정하였다. 상기 BST는 증발부 시작에 위치한 열전대가 측정한 온도(T_{BL1})가 증발부 가열에 의해 지속적으로 감소하다가 바이패스 되는 액체에 의해 냉각되어 갑자기 감소하는 시점으로 정의되었다. 바이패스 밸브의 활성화 수가 증가함에 따라 BST가 짧아졌다. 상세하게는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 BST가 15 분이었으며; BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 BST가 14.5 분이었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우

BST가 11.5 분이였다.

【0090】 바이패스 밸브가 활성화되어 작동유체가 바이패스 되는 작동 모드 (BOM I, II, II)의 경우 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드와 달리 작동유체가 증발부에 도달하는 시간이 지연되어 시작 중에 증발부 외벽에 대한 온도가 오버 슈트(Overshoot)되는 것이 관찰되었으며 작동 유체가 응축부에서 증발부 시작 부위로 바이패스 되기 때문에 증발부 시작 부위의 온도가 상대적으로 낮은 것으로 확인되었다. 또한 바이패스 밸브가 활성화되어 작동유체가 바이패스 되는 작동 모드(BOM I, II, II)의 경우 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드와 달리 증발부 벽에 대한 최대온도가 증발부 벽의 중앙에 설치된 열전대 ($T_{vap.2}$)에서 측정되는 것으로 확인되었으며 활성화된 바이패스포트 수가 증가함에 따라 바이패스 되는 작동유체의 유량이 증가하므로 증발부 외벽에 대한 최고 온도가 감소하는 것이 확인되었다. 상세하게는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 33.8 °C이었으며; BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 31.5 °C이었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 30.5 °C이었다. 참고로 상기 바이패스 밸브가 활성화되어 작동유체가 바이패스 되는 작동 모드의 최고 온도 값은 바이패스 밸브가 활성화되지 않은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고 온도 대비하여 최대 74.4 °C 감소한 값이다.

【0091】 도 11은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\varphi = 20^\circ$ 및 입력 열부하 600 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의

부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다. 패널 (a)는 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (b)는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (c)는 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (d)는 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과를 보여준다.

【0092】 분석결과 상기 도 10의 결과와 유사하게 증발부 시작위치에서 최고 온도가 측정되었으며, 정상상태에서 증발부 외벽에 대한 최고 온도가 79.8 °C로 측정되었다. 바이패스 포트가 활성화 되는 수가 증가함에 따라 바이패스 질량유량 증가에 의해 증발부 외벽에 대한 최고 온도가 낮아졌다. NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 80.3 °C인 것으로 확인되었으며; BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 75.8 °C인 것으로 확인되었으며; BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 73.8 °C인 것으로 확인되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 최고 온도가 70.7 °C인 것으로 확인되었다. 또한 상기 결과는 히트파이프가 기울기 $\phi = 20^\circ$ 의 조건으로 기울어 있으므로 중력의 보조를 받아 바이패스된 액체가 증발부로 빠르게 도달하게 된다. 따라서 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에서 측정되었던 증발부 외벽에 대한 온도 오버 슈트가 관찰되지 않았다.

【0093】 도 11과 같이 바이패스된 액체가 증발부에 도달하면서 T_{BL1} 이 감소하기 시작한다. BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드를 제외하고 증발부 외벽에 대한 평균온도($T_{evap.}$)들이 대체적으로 감소하였다. NOM-바이패스 히트파이프 시

시스템 작동 모드의 평균온도는 74.3 °C인 반면에, BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드 및 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 평균온도는 각각 72.7 °C와 63.6 °C로 측정되어 바이패스 적용에 의해 최대 10.7 °C까지 감소하였다. 상기 결과에 따르면 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드와 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에서 바이패스 라인이 적용되는 경우 특히 하계도 응축부 끝 부위의 온도($T_{cond.3}$)가 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 비해서 상당히 높은 것으로 확인된다. 상기 결과는 BOM 작동모드 조건에서 증발부에서 보다 많은 증기유량이 응축부 끝에 도달하였기 때문으로 판단된다.

【0094】 도 12는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\varphi = 40^\circ$ 및 입력 열부하 700 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다. 패널 (a)는 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (b)는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (c)는 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (d)는 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과를 보여준다.

【0095】 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우에 입력 열부하 700 W의 정상상태 하에서 증발부 외벽의 최고 온도는 103.4 °C까지 증가하였으며, $T_{evap.}$ 는 90 °C로 측정되었다. 바이패스 밸브가 활성화된 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도가 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 대비하여 낮은 것으로 확인되었다. BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 85 °C인 것으로 확인되었으며; BOM

II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드인 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 83.5 °C인 것으로 확인되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드인 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 79.2 °C인 것으로 확인되어 최대 24.2 °C까지 감소한 것으로 확인되었다. 또한 증발부 외벽의 평균 온도에 있어서도, BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드인 경우 증발부 외벽의 평균 온도는 80.9 °C인 것으로 확인되었으며; BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드인 경우 증발부 외벽의 평균 온도는 79.8 °C인 것으로 확인되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드인 경우 증발부 외벽의 평균 온도는 74.2 °C인 것으로 확인되어 최대 15.8 °C까지 감소한 것으로 확인되었다.

【0096】 정리하면 기울기 $\varphi = 40^\circ$ 의 조건 및 입력 열부하 700 W 조건에서 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 활성화 되는 바이패스 포트의 수가 증가할수록 증발부 외벽 온도들이 전체적으로 감소하는 것이 확인되었으며 이는 정상상태에서 열전달 성능이 향상되는 것을 의미한다. 또한 기울기가 증가하면서 증발부 시작 위치에 생성된 액체풀(Liquid Pool)은 열저항으로 작용하게 된다. 이로 인하여 모든 작동모드에 대하여 증발부 시작에 설치된 열전대에서 측정된 온도($T_{\text{evap.1}}$)가 가장 높게 측정되었다.

【0097】 도 13은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 기울기 $\varphi = 50^\circ$ 및 입력 열부하 700 W 조건에서 수행된 후 바이패스 히트파이프 시스템의 부위별 온도 변화를 분석한 결과를 보여준다. 패널 (a)는 NOM-바이패스 히트파이프

시스템 작동 모드의 결과; 패널 (b)는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (c)는 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과; 패널 (d)는 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 결과를 보여준다.

【0098】 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 101.7 °C인 것으로 확인되었으며 평균온도는 91 °C인 것으로 확인되었다. 바이패스 밸브가 활성화된 바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 작동 유체의 바이패스로 인해 증발부 외벽의 최고 온도와 평균 온도가 감소한 것으로 확인되었다. BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 79.1 °C인 것으로 확인되었으며; BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 77.5 °C인 것으로 확인되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 증발부 외벽의 최고 온도는 77.2 °C인 것으로 확인되어 최대 24.6 °C까지 감소한 것으로 확인되었다.

【0099】 정리하면 기울기 $\phi = 50^\circ$ 의 조건 및 입력 열부하 700 W 조건에서 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 시동초기에 바이패스에 의해 벽 온도가 감소하다가 시간이 경과함에 따라 응축부의 액체온도의 증가와 함께 바이패스 튜브 벽온도들도 동시에 증가하는 경향이 관찰되었다. 도 10 내지 13의 결과에서 보는 바와 같이 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 활성화되는 바이패스 포트가 증가할수록 바이패스되는 작동유체의 유량이 증가하므로 증발부 외벽의 최고 온도 및 평균 온도가 대체적으로 감소하는 것이 확인되었다. 상기 결과는 응축부에서 응

축되고 냉각된 작동유체가 히트파이프 공간을 거치지 않고 바로 증발부 시작 위치로 바이패스 됨에 따라 증발부의 외벽 온도가 낮아지는 것을 판단된다. 그러므로 바이패스 라인 설계시 많은 작동유체가 바이패스 될 수 있도록 설계하는 것이 히트파이프의 정상상태 열전달 성능을 향상시키는 데 유리한 것으로 판단된다.

【0100】 도 14는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 수평 기울기 조건($\varphi = 0^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다. 분석결과 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동모드의 경우 가장 높은 열저항이 측정되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에서 가장 낮은 열저항이 측정되었다. NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 입력 열부하 150 W 이후에서 열저항이 급격히 증가하는 것이 확인되었으며 작동유체의 드라이 아웃을 발생시키는 열부하에 근접한 것으로 판단된다. NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 250 W의 입력 열부하를 가한 경우 드라이 아웃에 의한 정상상태 열전달이 불가능하였다. BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우에 입력 열부하 350 W까지 안정적으로 열전달이 수행되는 것이 확인되었다. BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에서 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드로 변경됨에 따라 열저항이 순차적으로 감소하는 것이 확인되었다. 입력 열부하 150 W의 경우에, BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항에 대비하여 25.5 % 감소하였다. 입력 열부하 50 W의 경우 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모

드의 열저항에 대비하여 0.8 % 낮아 그 차이가 미미한 것으로 평가되었다.

【0101】 도 15는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 기울기 조건($\phi = 20^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다. 분석결과 작동유체가 바이패스되는 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 입력 열부하 50 W를 제외한 모든 입력 열부하 조건에서 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항보다 낮은 것으로 확인되었으며 그 중 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항이 가장 낮은 것으로 확인되었다. 입력 열부하 600 W의 경우 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 $0.0488^\circ\text{C}/\text{W}$ 인 것으로 확인되었으며; BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 $0.01983^\circ\text{C}/\text{W}$ 인 것으로 확인되어 최대 59.4 % 감소한 것으로 확인되었다. 입력 열부하 100 W의 경우 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항보다 다소 높은 것을 확인되었다. 이는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 낮은 입력 열부하 조건에서 수행되면 응축부 시작 부위에서만 작동유체의 바이패스에 의한 열전달에 발생하게 되고 이는 충분히 냉각되지 않은 작동유체가 바이패스되는 원인이 되므로 증발부 벽에 대한 평균온도가 높아진 것으로 추정된다.

【0102】 도 16은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에 대한 기울기 조건($\phi = 50^\circ$)에서의 입력 열부하(Q_{in} , W)에 따른 열저항(R_{th} , $^\circ\text{C}/\text{W}$)의 변화를 분석한 결과를 보여준다. 분석결과 입력 열부하 100 W를 제외한 다른 입력 열부

하 조건에서 바이패스가 활성화된 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드가 바이패스가 활성화되지 않은 히트파이프 시스템 작동모드보다 낮은 열저항을 보이는 것이 확인되었다. 상세하게는 입력열부하 100 W의 조건에서, BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 비해 3.2 % 높은 것으로 확인되었다. 입력 열부하 700 W의 조건에서 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드는 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에 대비하여 51.6 % 감소한 열저항을 보였다. 또한 입력 열부하 500 W의 조건에서 BOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항과 유사한 것으로 확인되었다. 특이하게 입력 열부하 200 W의 조건에서는 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항이 가장 낮은 것으로 확인되었는데 이는 입력 열부하에 따라 응축부에서 바이패스되는 질량유량에 대한 경향이 매우 복잡하고 다양하였기 때문으로 판단된다.

【0103】 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드는 입력 열부하가 증가함에 따라 열저항이 낮아지며 입력 열부하 800W에서도 증발현상(dry out) 없이 정상상태에 도달하는 것으로 확인되었다. 상기 결과는 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드에서 모든 바이패스 포트가 활성화되었기 때문에 가장 큰 양의 작동유체가 바이패스 되었기 때문에 가능했던 것으로 판단된다. 참고로 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 경우 입력 열부하 800 W에서는 증발현상(dry out)으로 인해 정상상태에 도달 할 수 없었다.

【0104】 도 17은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 기울기 변화에 따른 열저항의 변화를 분석한 결과를 보여준다. 상기 결과는 입력 열부하 500W의 조건에서 수행한 것이다. 분석결과 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항이 가장 낮은 것으로 확인되었으며 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항은 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 열저항 대비 기울기 조건($\varphi = 10^\circ$)에서 16.2 %; 기울기 조건($\varphi = 20^\circ$)에서 11.9 %; 기울기 조건($\varphi = 30^\circ$)에서 18.4 %; 기울기 조건($\varphi = 40^\circ$)에서 15.8 % 감소한 것으로 확인되었다.

【0105】 도 18은 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$)조건에서의 입력 열부하에 따른 증발부 외벽의 최고온도를 보여준다. 수평 기울기($\varphi = 0^\circ$)조건인 경우 증발부 벽에 대한 최고 온도는 바이패스가 활성화된 경우에서 대체적으로 낮았다. 입력 열부하 50 W인 조건에서 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드가 가장 낮은 최고 온도를 보였으며 다른 바이패스 활성화 작동모드와의 온도차이는 1.5°C 미만이였다. 입력 열부하 200 W 조건의 경우 NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고 온도와 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드 사이의 최고 온도의 차이는 76.6°C 로 확인되었다.

【0106】 도 19는 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템 작동모드에서 대한 기울기($\varphi = 40^\circ$)조건에서의 입력 열부하에 따른 증발부 외벽의 최고온도를 보여

준다. 대체적으로 바이패스가 활성화 된 바이패스 히트파이프 시스템의 증발부 외벽에 대한 최고온도는 바이패스가 비활성화 된 바이패스 히트파이프 시스템에 비하여 낮은 것으로 확인되었다. 입력 열부하 700 W인 경우 바이패스를 활성화한 작동모드에서 최고온도가 낮아졌으며, NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도와 BOM I-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도의 차이는 18.7 °C; NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도와 BOM II-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도의 차이는 20.2 °C; NOM-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도와 BOM III-바이패스 히트파이프 시스템 작동 모드의 최고온도의 차이는 24.5 °C인 것으로 확인되었다.

【0108】 5. 결론

【0109】 본 발명에서는 작동유체의 바이패스 유량이 히트파이프 정상상태 성능에 미치는 효과를 조사하였으며 히트파이프 기울기, 작동모드 및 입력 열부하가 주요 실험 변수로 지정되었다.

【0110】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 응축부의 시작, 중앙 및 끝에 각각 바이패스 포트가 설치되었으며 각 바이패스 포트에는 ON/OFF 밸브가 부착되어 바이패스 흐름을 제어하도록 하였다.

【0111】 본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 바이패스 밸브의 활성화 여부에 따라 4 가지의 작동모드가 정의된다. 히트파이프의 기울기는 수평 기울기

($\Phi = 0^\circ$)에서부터 $\Phi = 50^\circ$ 기울기까지 변화시켰으며 입력 열부하는 50 W에서 800 W 까지 부여되었다.

【0112】 본 발명의 결과를 정리하면 하기와 같다.

【0113】 첫째, 응축부 영역에서 활성화되는 바이패스 포트가 증가할수록 바이패스 유량이 증가하므로 증발부 외벽에 대한 최고 온도가 낮아진다. 예를 들어 수평 기울기의 조건으로 모든 바이패스 밸브가 개방된 경우 히트파이프 벽 온도는 최대 74.4 °C까지 감소하였다.

【0114】 둘째, 수평 기울기의 조건의 경우 바이패스가 완료되는 시간이 지연되므로 시동 중에 증발부 외벽에 대한 온도 오버 슈트(Overshoot)가 측정되었으며 활성화되는 바이패스포트가 증가할수록 시동에 요구되는 시간이 짧아졌다.

【0115】 셋째, 작동유체가 바이패스됨에 따라 증발부 외벽 평균온도가 낮아졌으며 열저항이 감소하였다. 특히, 모든 바이패스 밸브들이 개방되었을 때, 가장 낮은 열저항이 얻어졌다. 예를 들어 히트파이프 기울기가 $\Phi = 20^\circ$ 이며 모든 바이패스 밸브가 개방된 경우 열저항은 바이패스 밸브가 비활성화된 작동모드 대비 최대 59.4 %($Q_{in} = 600$ W)까지 감소하였다.

【0116】 본 발명의 실시예에 따르면 히트파이프에 바이패스라인을 설계하는 경우 히트파이프 내부의 유동저항이 감소되어 정상상태 열전달 성능이 향상되었다. 본 발명의 바이패스라인은 루프타입 히트파이프와 유사한 원리를 가지나 구조적으로 매우 단순하며, 쉽게 제작할 수 있다는 장점을 가진다. 따라서 작동유체의 바이

패스를 최적화하는 설계가 고려된다면 히트파이프의 정상상태 열전달 성능이 향상된 고성능 히트파이프 시스템을 제공 할 수 있을 것으로 기대된다.

【0117】 본 명세서에서 설명된 구체적인 실시예는 본 발명의 바람직한 구현에 또는 예시를 대표하는 의미이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되지는 않는다. 본 발명의 변형과 다른 용도가 본 명세서 특허청구범위에 기재된 발명의 범위로부터 벗어나지 않는다는 것은 당업자에게 명백하다.

【청구범위】

【청구항 1】

증발부, 단열부, 및 응축부로 구성되며 바이패스 포트가 형성된 히트파이프;

바이패스 포트가 형성된 바이패스 튜브;

상기 히트파이프 또는 상기 바이패스 튜브의 내부에 위치하여 폐순환하는 작동유체; 및

상기 히트파이프의 바이패스 포트와 상기 바이패스 튜브의 바이패스 포트를 연결하며 상기 작동유체의 유로 및 이동을 조절하는 바이패스 밸브;

를 포함하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 히트파이프의 증발부에는 히터블록이 구비되며 상기 히트파이프의 응축부에는 쿨링 자켓이 구비되는 것을 특징으로 하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서, 상기 히트파이프의 바이패스 포트는 상기 증발부 및 상기 응축부에 설치되고 상기 바이패스 튜브와 연결되어 폐순환하는 작동유체의 질량유량을 증가시키는 것을 특징으로 하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 바이패스 히트파이프 시스템은 수평을 기준으로 상기 증발부는 하부에 위치하고 상기 응축부는 상부에 위치하여 작동유체의 폐순환을 향상시키는 것을 특징으로 하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, 상기 히트파이프의 내벽은 외벽 방향을 기준으로 역사다리꼴 그루브 형상을 가져 상기 작동유체의 순환에 필요한 모세관 현상의 추진력을 제공하는 것을 특징으로 하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【청구항 6】

제 1 항에 있어서, 상기 작동유체는 상기 히트파이프 내벽의 그루브 허용 용적 대비 90 내지 130%로 충전되는 것을 특징으로 하는 바이패스 히트파이프 시스템.

【요약서】**【요약】**

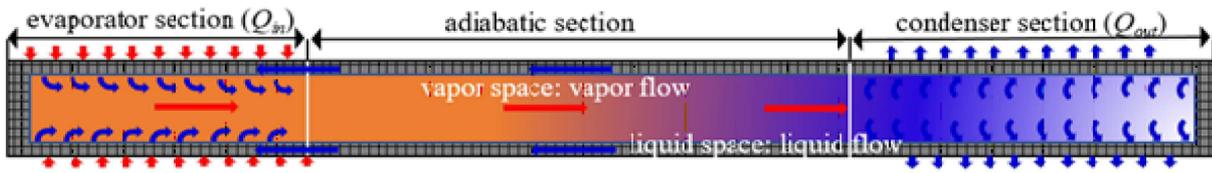
본 발명의 바이패스 히트파이프 시스템은 작동유체의 질량유량을 증가시키는 바이패스를 구비하여 내부 공간의 액체와 증기에 대한 압력강하를 감소시켰으며; 히트파이프 내부 벽체의 구조를 역사다리꼴 형상을 구현하여 모세관 현상 추진력을 향상시켰으며; 작동유체의 충전량을 최적화하였으므로 향상된 정상상태 열전달 성능을 가지는 장점이 있다.

【대표도】

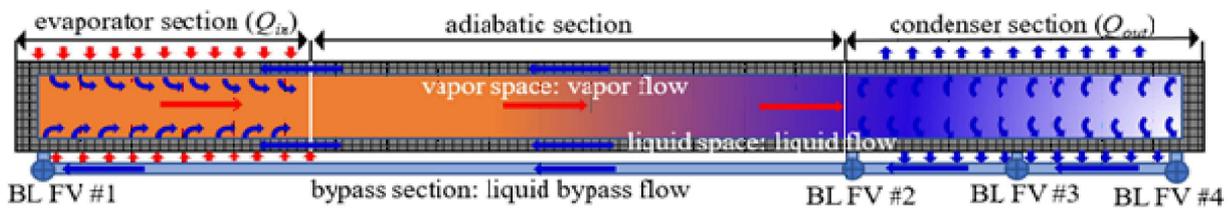
도 3

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

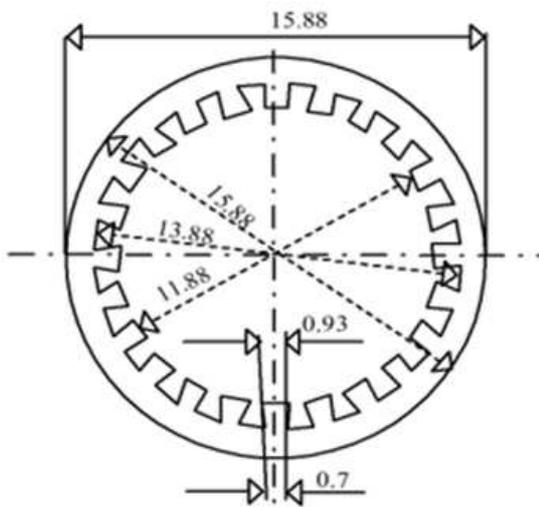
(a)



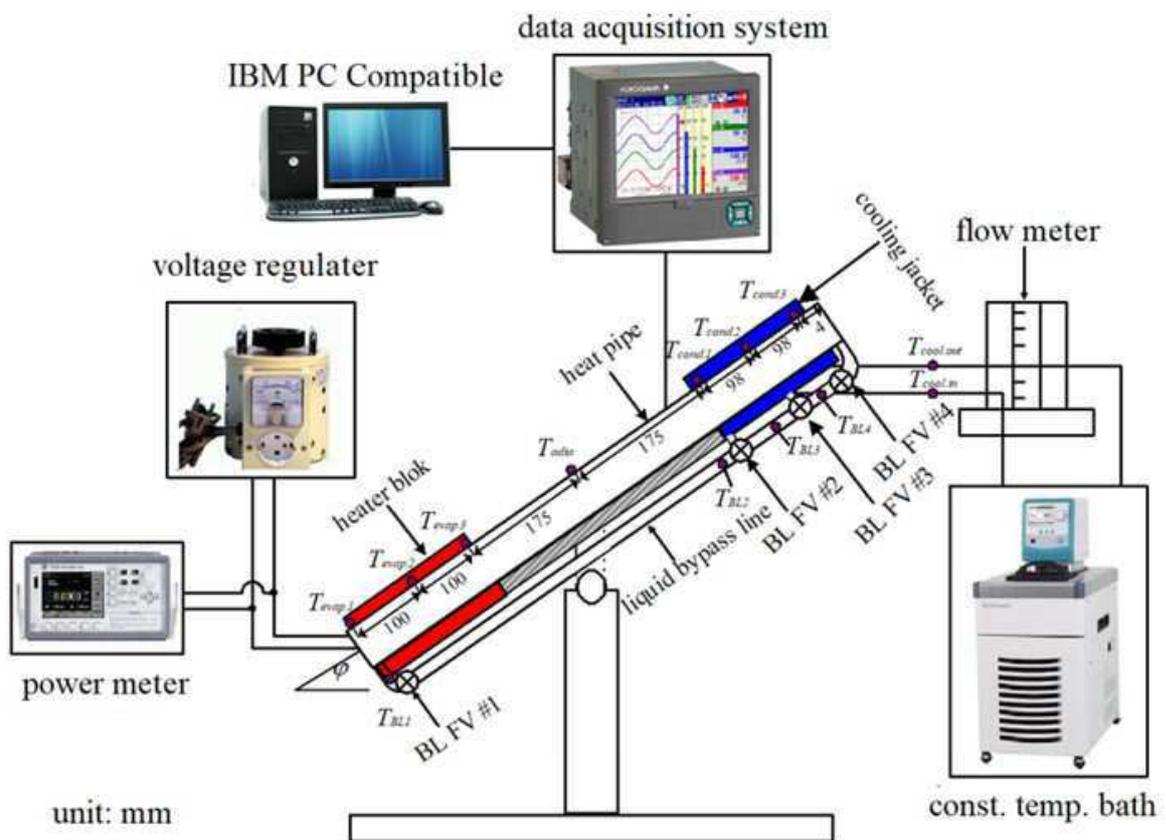
(b)



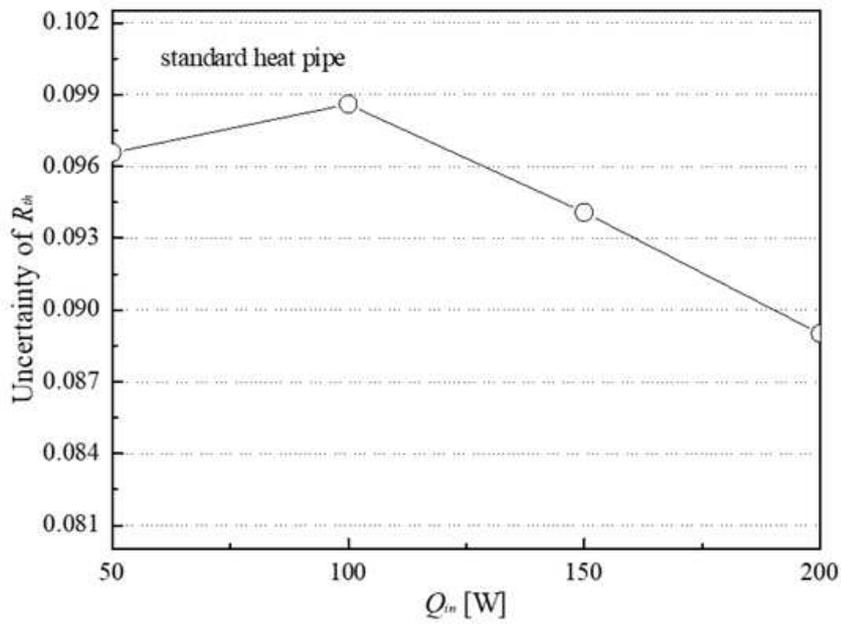
【도 4】



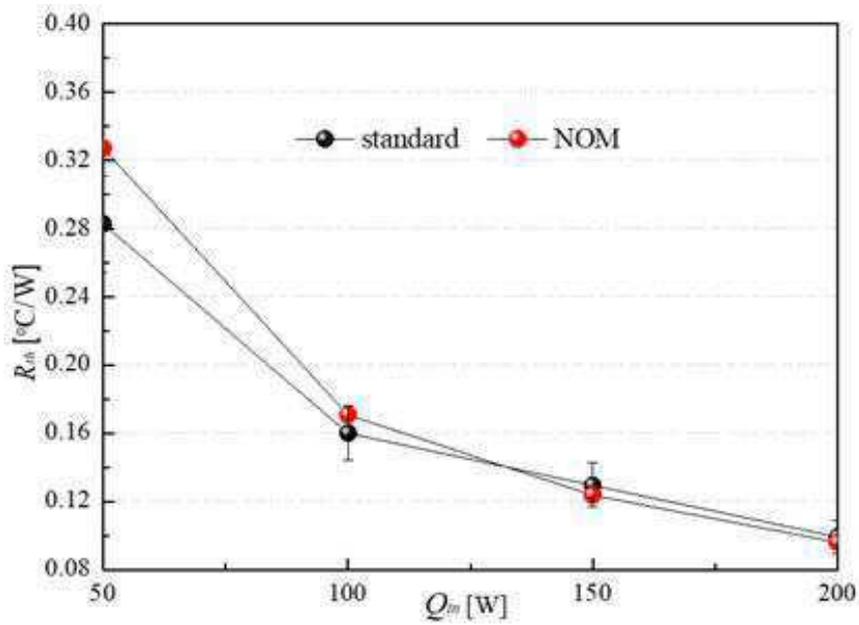
【도 5】



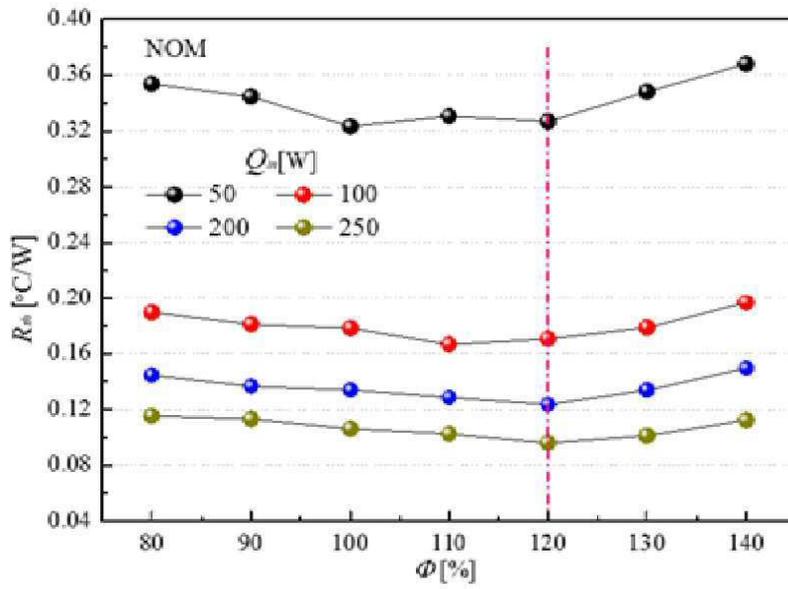
【표 6】



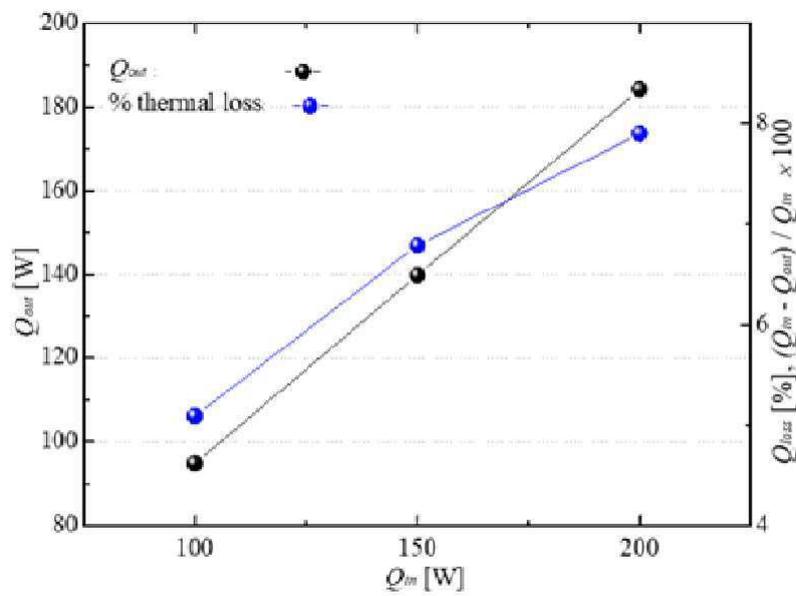
【표 7】



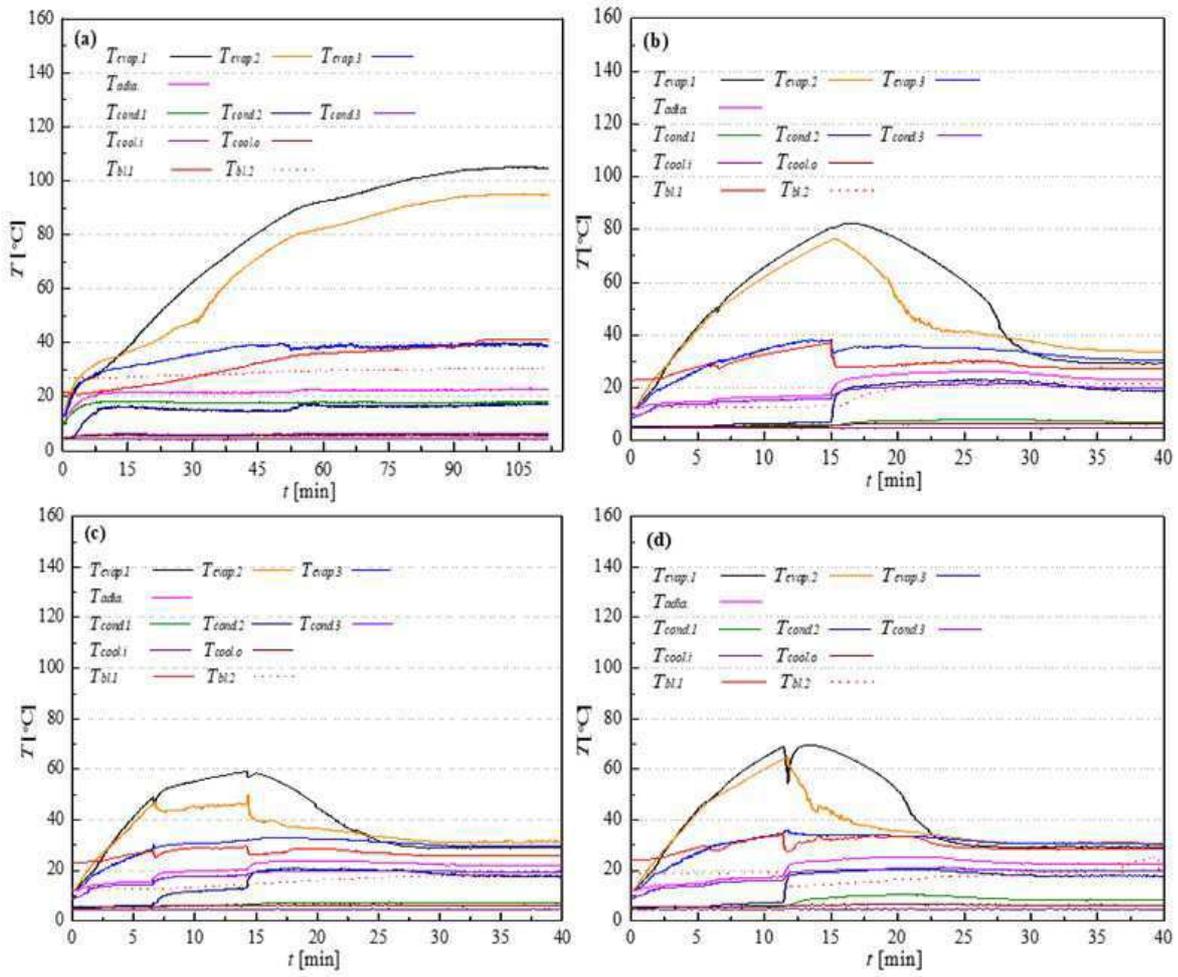
【図 8】



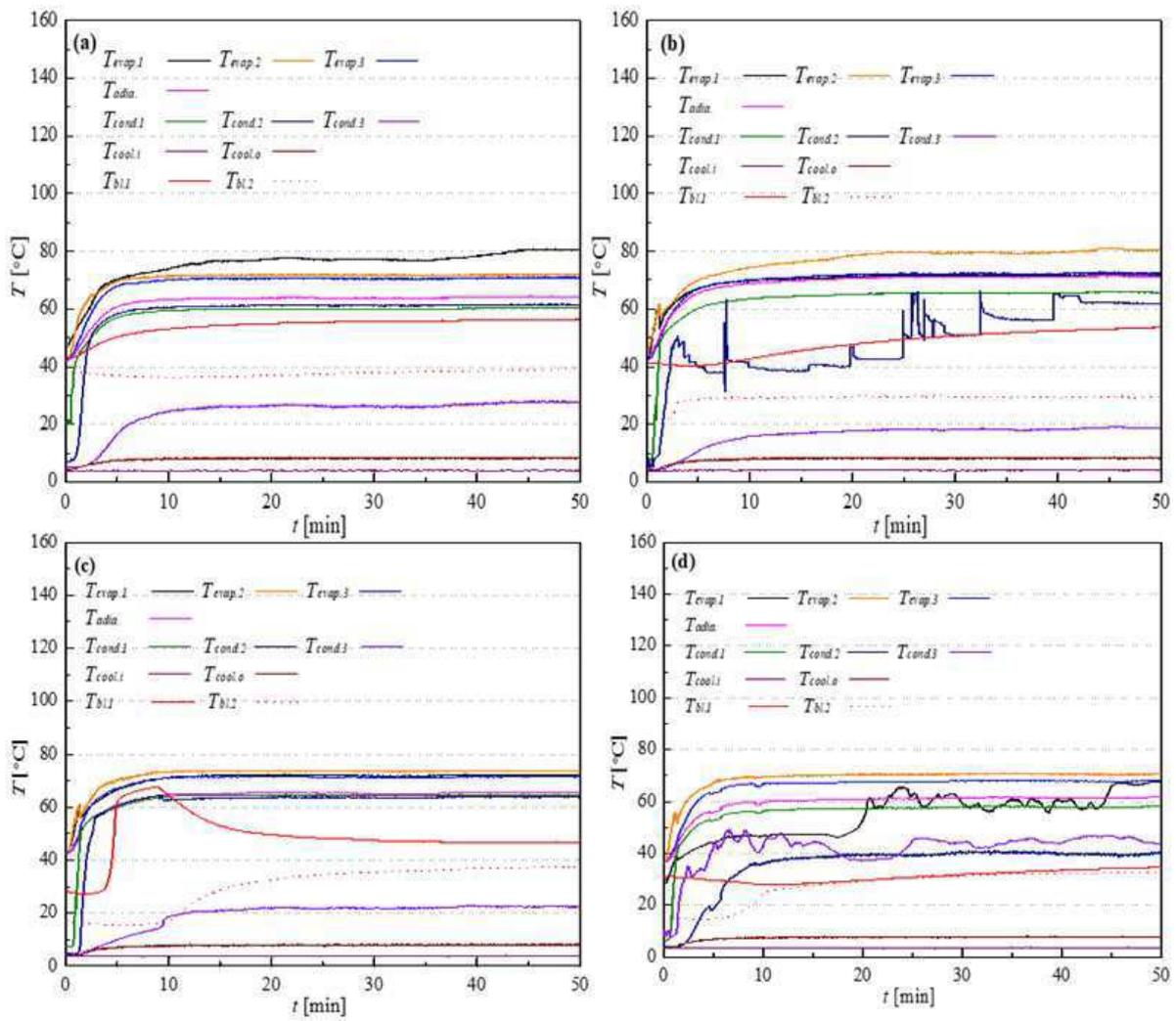
【図 9】



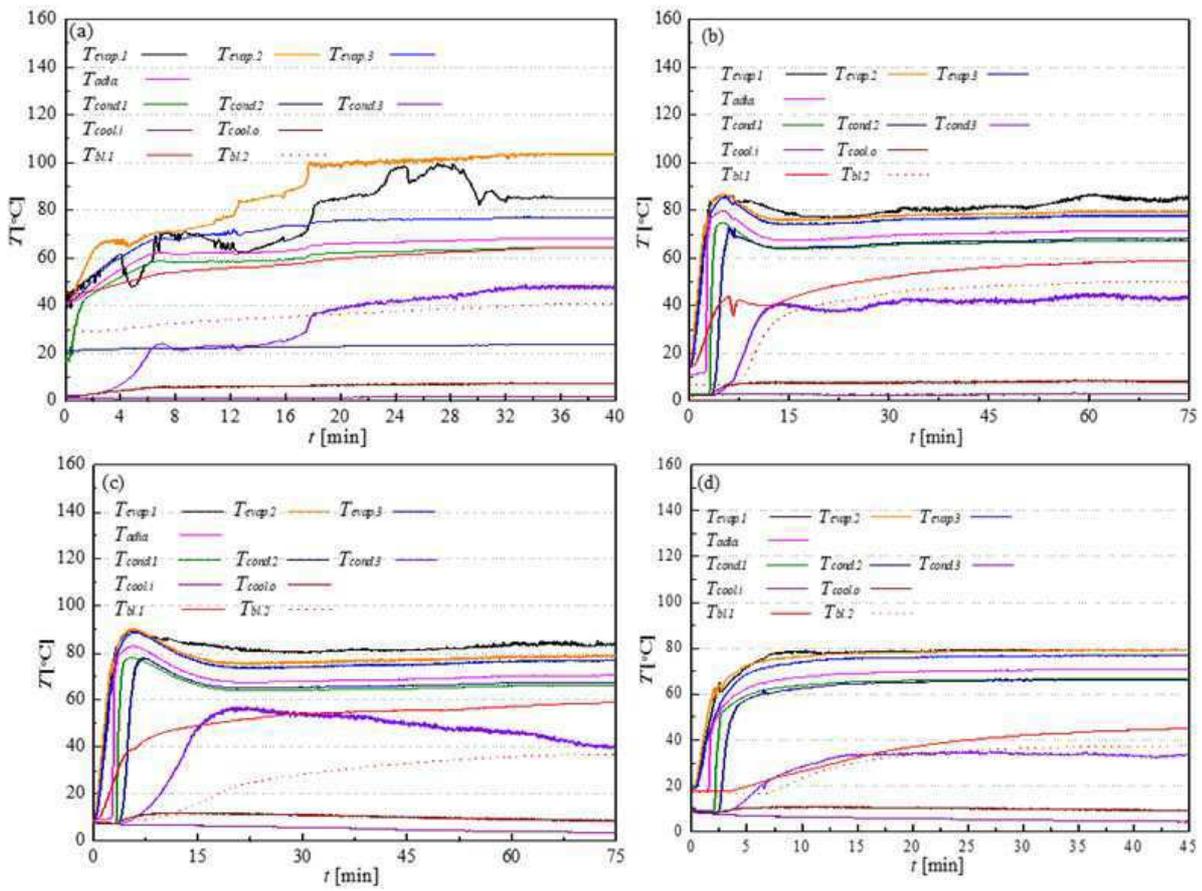
【図 10】



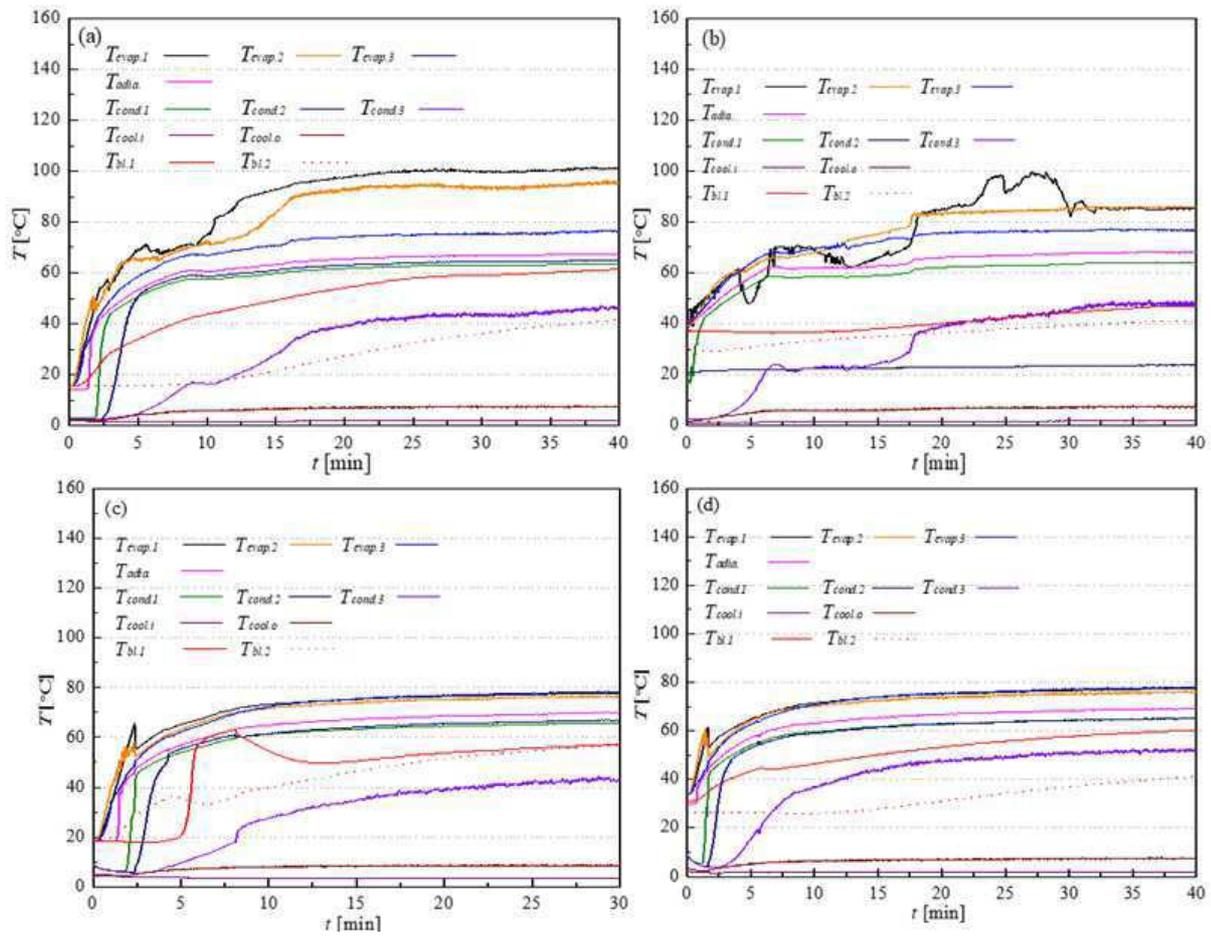
【図 11】



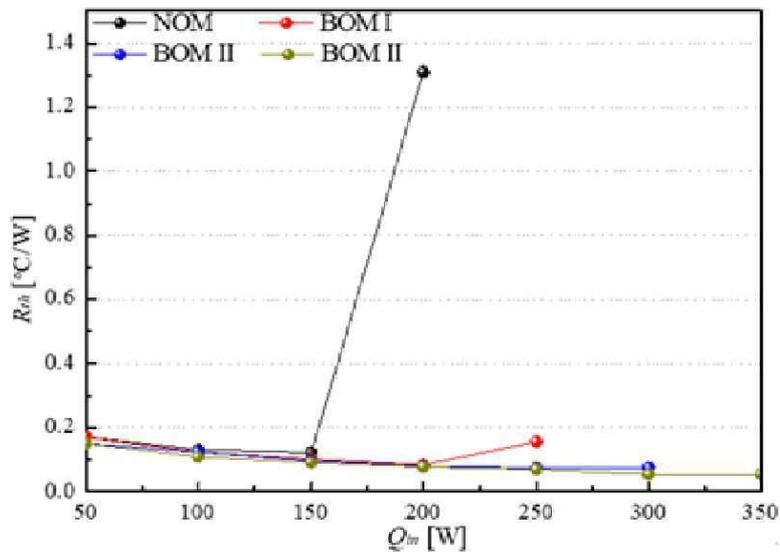
【図 12】



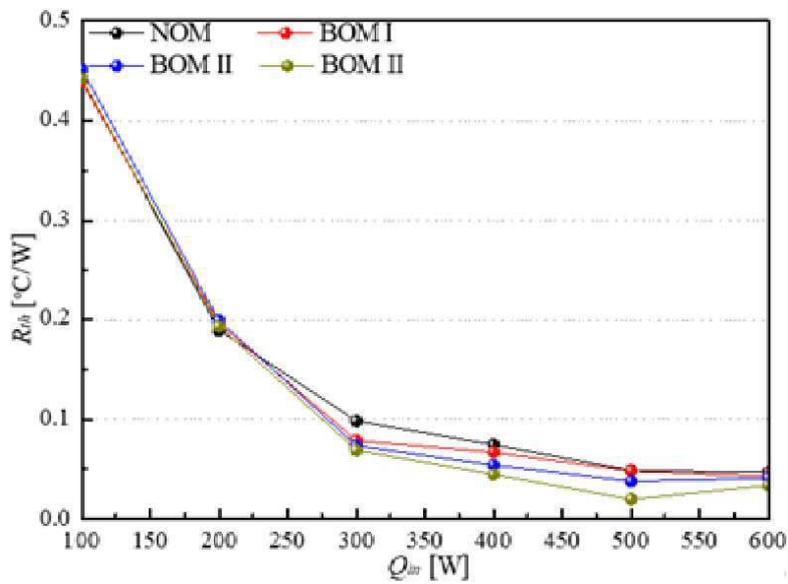
【도 13】



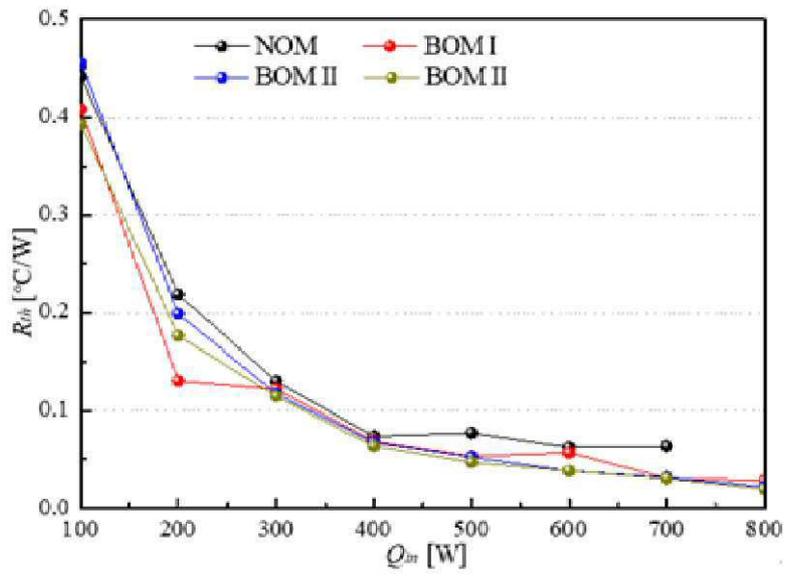
【図 14】



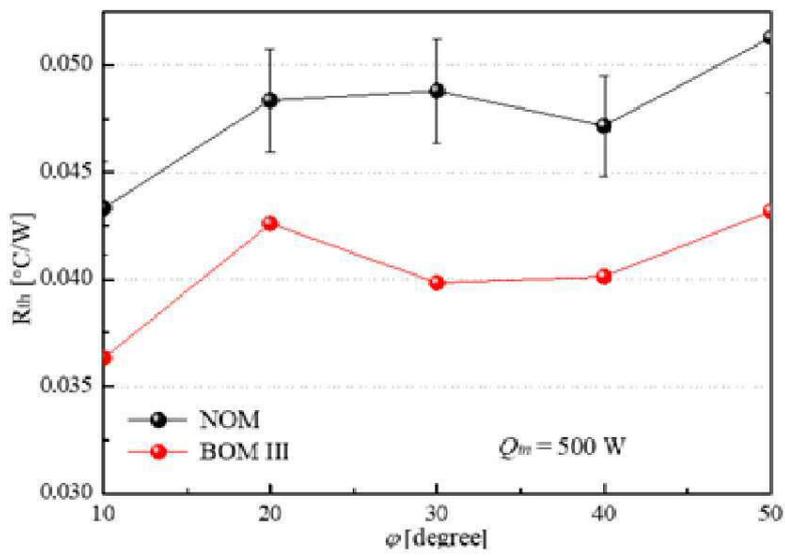
【図 15】



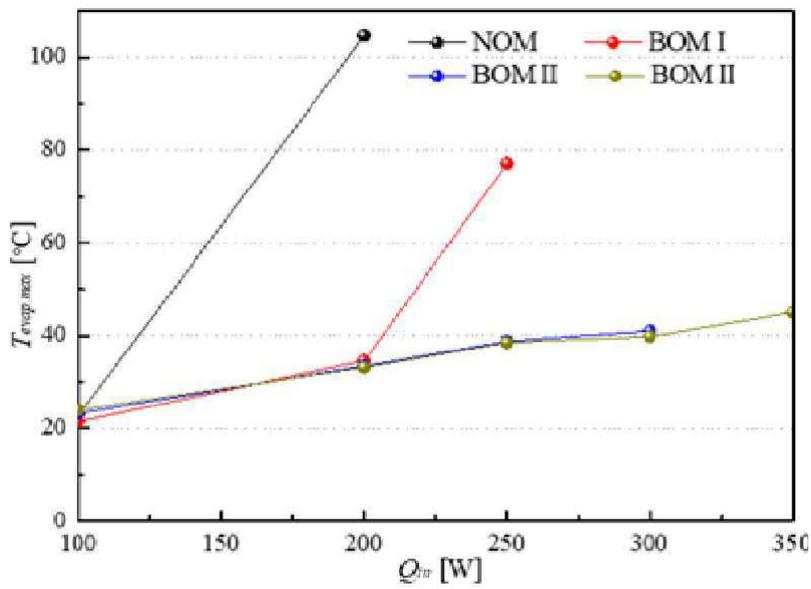
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【図 19】

