



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0145700
(43) 공개일자 2023년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/03 (2006.01) G01S 13/02 (2006.01)
H01Q 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/03 (2013.01)
H01Q 1/02 (2018.05)
(21) 출원번호 10-2022-0044383
(22) 출원일자 2022년04월11일
심사청구일자 2022년04월11일

(71) 출원인
엘아이지텍스원 주식회사
경기도 용인시 기흥구 마북로 207 (마북동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
신동준
경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG넥스원
한혜선
경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG넥스원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
전경석

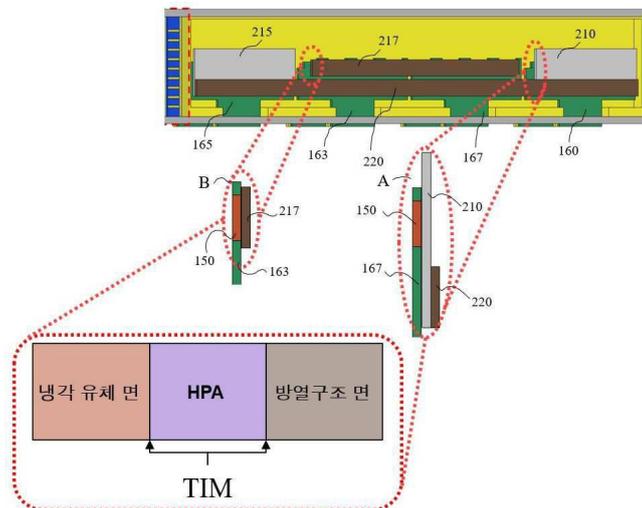
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조 및 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템

(57) 요약

본 발명은 각종 항공기에 사용할 수 있는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조 및 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조는, AESA 레이더에 있어서, AESA 레이더를 구성하는 복수개의 송수신 모듈을 포함하는 복수개의 송수신 단위 모듈; 각각의 송수신 단위 모듈을 밀봉하고, 냉각 공기가 유입되는 입구측에 복수개의 방열핀을 일체로 형성한 송수신 단위 모듈 하우징; 및 송수신 단위 모듈의 지지 기관 후면에 부착되고, 송수신 모듈에서 발생된 열을 방열하는 방열 구성을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류
G01S 2013/0254 (2013.01)

김지용
서울특별시 서대문구 연세로 50 제1공학관 A310호

(72) 발명자

전범진

경기도 성남시 분당구 판교로 333 LIG넥스원

김우철

서울특별시 서대문구 연세로 50 제3공학관 C428호

명세서

청구범위

청구항 1

AESA 레이더에 있어서,

AESA 레이더를 구성하는 복수개의 송수신 모듈을 포함하는 복수개의 송수신 단위 모듈;

각각의 송수신 단위 모듈을 밀봉하고, 냉각 공기가 유입되는 입구측에 복수개의 방열핀을 일체로 형성한 송수신 단위 모듈 하우징; 및

송수신 단위 모듈의 지지 기관 후면에 부착되고, 송수신 모듈에서 발생된 열을 방열하는 방열 구성을 포함하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

냉각 공기는 방열핀이 형성된 송수신 단위 모듈 하우징의 입구측에서 송수신 단위 모듈 하우징의 출구측으로 흐르고, AESA 레이더 내부로 유입된 냉각 공기는 방열핀에 직접 접촉되는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

송수신 단위 모듈은 16개의 송수신 모듈로 구성되고,

입구측 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 증기 챔버와 히트 파이프로 포함하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

출구측 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 증기 챔버와 히트 파이프로 포함하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

중앙의 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 히트 파이프로 이루어지는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

방열 구성은 송수신 모듈 내 발열체 위치에 대응되어 부착되는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

발열체와 방열 구성 사이에는 열접촉저항을 감소시키기 위한 열접촉재료를 사용하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

유지보수를 중요시 하는 환경에서 접착성이 없는 재료로, 실리콘 기반의 재료, 그래핀 옥사이드 필름, 실버나노 와이어를 섞은 폴리카보네이트 재료를 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

진동이 심한 환경에서 열접촉재료는 접착성이 있는 Epoxy 계열, Solder 재료를 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

발열체의 발열 상한 온도는 70℃ 인 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

발열체와 방열 구성 사이의 계면에 존재하는 열접촉저항은 $20 \text{ mm}^2 \text{K/W}$ 보다 낮아야 하는 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

발열체와 방열 구성 사이의 계면을 매끈하게 가공하여 접촉하는 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조.

청구항 13

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 의한 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조를 이용하여,

송수신 단위 모듈 하우징에 의해서 밀봉된 복수개의 송수신 단위 모듈을 장착한 송수신 모듈 구조체;

송수신 모듈 구조체를 중심 영역에 위치시키고, 송수신 모듈 구조체와 여유 공간을 두고 냉각 유체가 흐르도록 소정의 공간을 형성하는 외부 하우징;

냉각 공기가 외부 하우징에 형성된 유입구를 통해서 하우징 내부로 유입되면, 각각의 송수신 단위 모듈의 입구 측에 형성된 방열핀에 직접 접촉하면서 송수신 단위 모듈의 출구측으로 전달되고, 송수신 단위 모듈의 출구측에서 모아진 열 교환된 공기가 외부 하우징에 형성된 배출구를 통해서 하우징 외부로 배출되도록 순환시키는 냉각 공기 순환 장치를 포함하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

외부 하우징 내에 송수신 모듈 구조체를 냉각시키는 냉각판을 더 포함하는 공랭식 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 각종 항공기에 사용할 수 있는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조 및 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0004] AESA(Active Electronically Scanning Array) 레이더는 특정 공간에 다수의 고분해능 전자기와 빔을 전자회로를 이용해 매우 빠른 속도로 탐색하고 표적신호를 처리할 수 있다. 이러한 특성을 갖는 AESA 레이더를 전투기에 적용하여 비행체, 미사일 등의 탐지, 추적, 사격통제, 유도무기 유도 등 다양하게 활용 가능하다. 최근에는 CWIS(Close-In Weapon System)에 AESA 레이더를 탑재하고, 근접한 적 항공기나 대함 미사일을 탐지 및 요격에도 활용하고 있다.
- [0005] AESA(Active Electronically Scanning Array) 레이더는 위상 배열 레이더의 복수개의 레이더 소자 각각에 대응하는 복수개의 송수신 모듈(Transmit/ Receive Module ; T/R 모듈)을 구비하고, 복수개의 송수신 모듈 각각이 진폭 및 위상 정보를 수신하여 대응하는 레이더 소자로 방사신호를 생성한다. AESA 레이더의 송신 출력(탐지 거리)은 송수신 모듈의 배열 수 증가에 따라 달라지게 되며, 최대 탐지 거리를 증가시키기 위해 수십에서 수천 개의 송수신 모듈을 사용한다.
- [0006] 한편, AESA 레이더 출력은 송수신 모듈의 온도에 따라 크게 변동이 발생하고, 80℃ 이상에서 AESA 레이더 출력이 급격하게 하락한다. 따라서 송수신 모듈의 온도가 일정 값 이상으로 상승하는 것을 방지하기 위해서 냉각을 통해 온도를 일정하게 유지시켜줄 필요성이 있다.
- [0007] 도 1은 종래 AESA 레이더에서 냉각유체 순환 장치의 개념도를 도시하고 있다.
- [0008] 도시되는 바와 같이, AESA 레이더의 운용시 열적 안정성 확보를 위해 방열 시스템 구성이 필요하다. 방열 시스템은 냉각유체 순환 장치(도시하지 않음), 복수개의 송수신 모듈로 구성된 복수개의 송수신 단위 모듈(20), 복수개의 송수신 단위 모듈(20)의 상부에 위치하는 냉각판(10)을 포함하여 구성된다. 냉각판(10)은 냉각유체 순환 장치에서 공급되는 냉각유체(50)를 순환시키기 위한 냉각유로를 형성한다. 그리고 냉각유로를 통해서 송수신 단위 모듈(20)을 냉각시킨 냉각유체(50)는 다시 냉각유체 순환 장치로 재환되는 구조로 이루어진다. 냉각유체는 Ethylene Glycol와 물이 55:45의 비율로 혼합된 냉각수를 활용한다.
- [0009] 송수신 모듈은 기관(30)에 HPA(High Power Amplifier) 소자를 포함하여 다수의 회로 소자를 포함하여 구성되고, 본 발명에서는 송수신 모듈에 포함된 구성에서 가장 높은 열을 발생하는 발열체인 HPA(High Power Amplifier) 소자(40)를 대표적으로 도시하고 있다.
- [0010] 따라서 하나의 송수신 모듈에는 하나의 HPA(40)를 포함하여 다수의 회로 소자가 포함되고, 적어도 4개의 송수신 모듈을 한쌍으로 해서 16 배열로 구성된 송수신 단위 모듈(20)이 다수개 배열되어서 AESA 레이더를 구성한다.
- [0012] 이와 같이 구성되는 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조는 다음과 같이 이루어진다.
- [0013] 도 2는 종래 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 경로의 개념도를 도시하고 있다.
- [0014] 송수신 모듈에 포함된 발열체(40)에서 발생된 열은 도시된 적색 화살표 방향과 같이 방열 경로를 형성한다. 한편, 송수신 모듈 내에 가장 주된 열원인 HPA(40)는 회로 기관(30)에 장착되어서 송수신 단위 모듈(20) 단위로 하우징에 의해서 밀봉된 상태가 된다. 즉, 도시된 방열 경로에서와 같이, HPA(40)는 송수신 단위 모듈의 하우징, 냉각판과 송수신 모듈 사이의 거리 등에 의해서 냉각유체(50)와 일정 간격 이상 떨어져 있는 상태가 된다.
- [0015] 따라서 종래 AESA 레이더에서는 발열체(40)와 냉각유체(50) 사이에 일정 간격 이상의 거리가 떨어져 있고, 이는 송수신 모듈의 냉각 효율을 저하시키는 문제점이 있다.
- [0016] 또한, 종래 AESA 레이더는 냉각수를 활용한 수랭방식의 냉각 제어를 수행하기 때문에, 장치 전체가 무거워지는 문제점이 있고, 이러한 부분은 항공기용으로 적합하지 않은 문제까지 추가적으로 발생시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 따라서 본 발명의 목적은 각종 항공기에 사용할 수 있는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조 및

공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0018] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조는, AESA 레이더에 있어서, AESA 레이더를 구성하는 복수개의 송수신 모듈을 포함하는 복수개의 송수신 단위 모듈; 각각의 송수신 단위 모듈을 밀봉하고, 냉각 공기가 유입되는 입구측에 복수개의 방열핀을 일체로 형성한 송수신 단위 모듈 하우징; 및 송수신 단위 모듈의 지지 기관 후면에 부착되고, 송수신 모듈에서 발생된 열을 방열하는 방열 구성을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 일 실시예에 따르면 냉각 공기는 방열핀이 형성된 송수신 단위 모듈 하우징의 입구측에서 송수신 단위 모듈 하우징의 출구측으로 흐르고, AESA 레이더 내부로 유입된 냉각 공기는 방열핀에 직접 접촉되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 일 실시예에 따르면 송수신 단위 모듈은 16개의 송수신 모듈로 구성되고, 입구측 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 증기 챔버와 히트 파이프를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 일 실시예에 따르면 출구측 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 증기 챔버와 히트 파이프를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 일 실시예에 따르면 중앙의 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 부착된 방열 구성은 히트 파이프를 이 루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 일 실시예에 따르면 방열 구성은 송수신 모듈 내 발열체 위치에 대응되어 부착되는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 일 실시예에 따르면 발열체와 방열 구성 사이에는 열접촉저항을 감소시키기 위한 열접촉재료를 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 일 실시예에 따르면 유지보수를 중요시 하는 환경에서 접착성이 없는 재료로, 실리콘 기반의 재료, 그래핀 옥사이드 필름, 실버나노와이어를 섞은 폴리카보네이트 재료를 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 일 실시예에 따르면, 진동이 심한 환경에서 열접촉재료를 접착성이 있는 Epoxy 계열, Solder 재료를 선택적으로 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 일 실시예에 따르면 발열체의 발열 상한 온도는 70℃ 인 것을 특징으로 한다.
- [0028] 일 실시예에 따르면 발열체와 방열 구성 사이의 계면에 존재하는 열접촉저항은 $20 \text{ mm}^2/\text{K/W}$ 보다 낮아야 하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 일 실시예에 따르면 발열체와 방열 구성 사이의 계면을 매끈하게 가공하여 접촉하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템은, 청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 의한 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조를 이용하여, 송수신 단위 모듈 하우징에 의해서 밀봉된 복수개의 송수신 단위 모듈을 장착한 송수신 모듈 구조체; 송수신 모듈 구조체를 중심 영역에 위치시키고, 송수신 모듈 구조체와 여유 공간을 두고 냉각 유체가 흐르도록 소정의 공간을 형성하는 외부 하우징; 냉각 공기가 외부 하우징에 형성된 유입구를 통해서 하우징 내부로 유입되면, 각각의 송수신 단위 모듈의 입구측에 형성된 방열핀에 직접 접촉하면서 송수신 단위 모듈의 출구측으로 전달되고, 송수신 단위 모듈의 출구측에서 모아진 열 교환된 공기가 외부 하우징에 형성된 배출구를 통해서 하우징 외부로 배출되도록 순환시키는 냉각 공기 순환 장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조 및 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템은 공랭 방식으로 송수신 모듈의 냉각을 효율적으로 수행한다. 특히 본 발명은 복수개의 송수신 모듈을 일체로 구성한 송수신 단위 모듈에서 송수신 모듈을 지지하는 지지 기관의 후면에 추가적인 방열 구성을 포함하고, 이를 통하여 송수신 단위 모듈의 입구측과 출구측의 온도 편차가 최소화될 수 있도록 구성한다.

[0033] 또한, 본 발명은 송수신 단위 모듈을 밀봉하는 하우징의 일측면에 복수개의 방열핀을 구성하고, 방열핀에 직접 냉각 공기가 직접 접촉되도록 방열 경로를 형성한다. 이 구성을 통하여 본 발명은 송수신 모듈의 방열 경로를 짧게 구성할 수 있으므로 보다 빠르고 효과적인 방열 효과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 종래 AESA 레이더에서 냉각유체 순환 장치의 개념도를 도시하고 있다.
- 도 2는 종래 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 경로의 개념도를 도시하고 있다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더의 구성도를 도시하고 있다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 구성도를 도시하고 있다.
- 도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더에서 송수신 단위 모듈의 냉각 구조도를 도시하고 있다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 경로를 도시하는 단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 방열 경로에 따른 열 저항값을 비교하고 있다.
- 도 9 내지 도 11에서는 종래와 본 발명의 실시예에 따른 송수신 단위 모듈에서 냉각 효과를 비교하고 있다.
- 도 12는 송수신 단위 모듈 내에서 발열체의 위치별 온도를 도표로 도시하고 있다.
- 도 13은 본 발명의 실시예에서 발열체와 방열 구성 사이의 계면을 도시하고 있다.
- 도 14는 본 발명의 일 실시예에서 계면에 사용 가능한 열접촉재료의 예시도를 도시하고 있다.
- 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 열접촉저항에 따른 발열체의 최대온도값의 그래프를 도시하고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "부"와 "기", "모듈"과 "부", "장치"와 "시스템", "송수신 모듈"과 "T/R 모듈", "송수신 단위 모듈"과 "T/R 단위 모듈", "발열체"와 "발열원", "방열 구성"과 "방열 구조" 등은 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.

[0036] 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0037] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0038] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0039] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0040] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0042] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대해 상세히 설명하기로 한다. 본 발명은 본 발명의 정신 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더의 구성도를 도시하고 있다.
- [0044] AESA 레이더는 간단하게는 복사소자(110)를 포함하는 전면 하우징(120), 복수개의 송수신 모듈을 포함하는 송수신 모듈 구조체(130)를 장착한 후면 하우징(140)을 포함하여 이루어진다. 그리고 후면 하우징(140)에 포함되는 송수신 모듈 구조체(130)는 전면 하우징(110)에 배치된 복사소자(110)와 동일한 배치 구성으로 이루어진다.
- [0045] 이 외에도 AESA 레이더는 하우징 내부에 부배열 급전기, 레이더 전원공급기, 제어기 등, 다양한 기능을 갖춘 회로 소자들을 포함하여 구성되나, 본 발명에서는 송수신 모듈을 효율적으로 생각하는 구조에 대해서만 구체적으로 살펴보기로 한다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 구성도를 도시하고 있다.
- [0048] 도시되는 바와 같이 본 발명에서는 복수개의 송수신 단위 모듈(170)을 냉각시키기 위하여 냉각 공기 순환 장치(200)에서 발생된 냉각 공기가 외부 하우징(180)에 형성된 냉각 공기 유입구를 통해서 하우징(180) 내부로 유입된다. 하우징(180) 내부로 유입된 냉각 공기는 복수개의 송수신 단위 모듈(170)의 입구측으로 전달된다.
- [0049] 그리고 송수신 단위 모듈(170)에 도시된 화살표 방향과 같이, 송수신 단위 모듈(170)의 입구측에서 출구측으로 냉각 공기가 전달되면서 송수신 단위 모듈(170)을 냉각시킨다. 이 과정에서 본 발명의 실시예에서는 냉각 공기가 송수신 단위 모듈(170)의 측면에 직접 맞닿으면서 입구측에서 출구측으로 전달된다.
- [0050] 그리고 송수신 단위 모듈(170)의 출구측에서 빠져나온 냉각 공기는 하우징(180)에 형성된 냉각 공기 배출구를 통해서 하우징 외부로 배출되어서 다시 냉각 공기 순환 장치(200)로 재환된다. 냉각 공기 순환 장치(200)는 유입된 공기를 다시 냉각시켜서 하우징 내부로 순환하는 동작을 반복 수행한다.
- [0051] 그리고 도시하지 않고 있지만, 본 발명의 냉각 공기 순환 장치(200)의 동작 제어를 위한 제어 구성을 포함한다.
- [0052] 그리고 본 발명의 다른 실시예로 송수신 모듈 구조체(130)를 냉각시키기 위한 냉각관을 외부 하우징(180) 내부이고, 송수신 모듈 구조체(130)의 상부에 추가적으로 더 구비할 수 있다.
- [0053] 그리고 도 3과 도 4의 복수개의 송수신 단위 모듈(170)은 개별적으로 송수신 단위 모듈 하우징에 의해서 밀봉된 상태로 송수신 모듈 구조체(130)를 구성한다.
- [0055] 도 5와 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 AESA 레이더에서 송수신 단위 모듈의 냉각 구조도를 도시하고 있다. 도 5는 송수신 단위 모듈 내부의 전면부의 구성이고, 도 6은 송수신 단위 모듈 내부의 후면부의 구성을 도시하고 있다.
- [0056] AESA 레이더에서 송수신 모듈은 레이더 목적에 따라서 수백에서 수천개로 구성되고, 도시되는 구조도에서는 일측으로 배열된 16개 송수신 모듈의 구성을 도시하고 있다. 즉, 4개의 송수신 모듈을 기관(160) 상에 한 쌍으로 구성하고, 최대 16개의 송수신 모듈을 배열하여 동일 하우징으로 밀봉시켜서 하나의 송수신 단위 모듈(170)을 구성할 수 있다. 즉, 하나의 송수신 단위 모듈(170)은 송수신 단위 모듈 하우징(175)에 의해서 밀봉된다.
- [0057] 도시된 실시예에서 송수신 단위 모듈(170)을 구성하는 송수신 모듈을 16개로 설명하고 있으나, 이는 하나의 실시예일 뿐이다. 레이더의 목적에 기반해서 송수신 모듈의 개수를 16개 이하로 구성할 수 있음은 당연하고, 발열체의 위치에 기반해서 본 발명의 실시 형태에 따라서 기설정된 상한 온도를 넘지 않는 범위에서 송수신 모듈의 개수를 16개 이상으로 구성할 수도 있다. 단지 본 발명에서는 최적인 예시로 16개의 송수신 모듈을 단위 모듈로 형성하고 있다.
- [0058] 그리고 하나의 송수신 모듈은 기관에 하나의 HPA(High Power Amplifier) 소자를 포함하여 다수의 회로 소자를 포함하여 구성되고, 본 발명에서는 송수신 모듈에 포함된 구성에서 가장 높은 열을 발생하는 발열체인 HPA(High Power Amplifier ; 150)를 대표로 도시하고 있다.
- [0059] 이와 같이 하나의 송수신 단위 모듈(170)에 포함된 16 배열의 송수신 모듈은 전원, 제어, 방열을 위해서 공통적으로 제어가 이루어지고, 레이더의 사용 목적에 맞게 다수개의 송수신 단위 모듈이 복수개 구성되어서 최종

AESA 레이더를 구현한다. 그리고 송수신 단위 모듈 하우징(175)에 의해서 개별적으로 밀봉된 다수개의 송수신 단위 모듈(170)을 포함하는 AESA 레이더는 외부 하우징(180)에 의해서 밀봉된 상태를 갖는다. 여기서 외부 하우징(180)은 도 3에 도시된 전면 하우징(120)과 후면 하우징(140)을 포함하는 구성으로 설명 가능하다.

[0060] 그리고 도시된 도면에서 송수신 단위 모듈 하우징(175)과 외부 하우징(180) 사이에 공간 간격이 없이 도시되었으나, 실제 제품 구성에서는 도 3과 도 4에 도시하고 있는 바와 같이, 복수개의 송수신 단위 모듈로 구성된 송수신 모듈 구조체(130)와 외부 하우징(180) 사이에 냉각 공기의 흐름이 이루어질 수 있도록 여유 공간이 존재하고, 이 여유 공간을 통해서 도시된 화살표 방향으로 냉각 공기 흐름이 이루어진다. 여기서 복수개의 송수신 단위 모듈은 개별적으로 하우징에 의해서 밀봉된 상태를 갖는다.

[0062] 한편, 본 발명에서 송수신 단위 모듈 하우징(175)은 일측면에 다수개의 방열핀(190)을 돌출 형성하고 있다. 그리고 방열핀(190)이 돌출된 부분에는 외부 하우징(180)을 통해서 유입된 냉각 유체(공기)가 직접 접촉하여 흐르도록 구성된다. 도시된 도면에서 파란색으로 표시된 부분은 냉각 공기(195)가 흐르는 냉각 공기 통로(197)를 나타낸다. 냉각 공기 통로(197)에는 송수신 모듈 구조체(130)에 구성된 대다수의 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 방열핀(190)이 배치되어진다.

[0063] 본 발명에서 방열핀(190)은 송수신 단위 모듈 하우징(175)에 일체로 복수개 형성되고, 여기서 방열핀(190)의 구성은 송수신 단위 모듈 하우징(175)이 송수신 모듈 구조체(130)를 구성함에 있어서 불편하지 않고, 외부 하우징(180)에 의해서 내장 가능하고, 복사소자(110)와의 일정 간격을 유지할 수 있는 범위에서, 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 어느 위치에 형성되어도 무관하다. 즉, 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 6면(정면, 배면, 좌측면, 우측면, 상면, 후면) 등, 어느 위치이고, 2면 이상에 중복해서 형성하는 것도 가능하다. 이는 AESA 레이더를 구성함에 있어서, 다른 구성들과 기구적으로 불편함이 없는 상태에서 방열핀을 구성 가능함을 의미한다.

[0064] 따라서 외부 하우징(180)의 유입구를 통해서 하우징 내부로 유입된 냉각 공기는 냉각 공기 통로(197)를 통해서 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 외부로 돌출된 냉각핀(190)에 직접적으로 접촉하는 상태가 되고, 이후 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 입구측에서 출구측으로 흐르도록 구성된다. 따라서 송수신 단위 모듈(170)에서 발생된 열은 방열핀(190) 구조를 통해서 열교환이 더 많이 일어나는 것이 가능해진다.

[0065] 본 발명의 AESA 레이더에서 외부 하우징(180)은 중심 영역에 송수신 모듈 구조체(130)를 장착하고 있고, 송수신 모듈 구조체(130)의 외측으로 즉, 외부 하우징(180)의 가장자리 영역으로 냉각 공기가 흐르는 냉각 공기 통로(197)가 형성되어진다. 즉, 도 4에 도시하고 있는 바와 같이, 하우징(180)을 통해서 유입된 냉각 공기는 하우징(180)의 가장자리를 통해서 모든 송수신 단위 모듈(170)의 입구측으로 전달된다. 송수신 단위 모듈(170)의 입구측으로 전달된 냉각공기는 각각의 송수신 단위 모듈(170)을 냉각시킨 후 송수신 단위 모듈(170)의 출구측으로 빠져나온다. 이렇게 해서 송수신 단위 모듈(170)을 경유한 열교환된 공기는 하우징(180)의 가장자리 영역을 통해서 하우징의 냉각 공기 배출구 방향으로 집결되어서 하우징을 빠져나온다.

[0066] 또한, 송수신 모듈 구조체(130)와 복사소자(110)와의 여유 공간에도 냉각 공기가 흐르는 냉각 공기 통로(197)가 형성되어진다. 따라서 본 발명에서 의미하는 냉각 공기 통로(197)는 송수신 모듈 구조체(130)가 외부 하우징(180) 내부에 밀봉된 상태에서, 외부 하우징(180)과 송수신 모듈 구조체(130) 사이의 여유 공간을 모두 포함할 수 있다.

[0067] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 방열핀(190)은 송수신 단위 모듈(170)의 배치 구조에 따라서 폭과 길이가 결정될 수 있다. 일반적으로 복사소자(110)의 후면에 송수신 모듈 구조체(130)가 배치되므로, 방열핀(190)은 복사소자(110)와 송수신 모듈 구조체(130)의 배치 간격만큼 길이를 조절할 수 있다.

[0068] 그리고 도 8에 따라 냉각 공기 통로(197)의 폭과 길이를 조절할 수 있다. 일 예시로 동일한 개수의 방열핀(190)이 사용된다고 가정할 때, 방열핀 단일의 핀이 두꺼워지면 방열핀의 열저항 감소에 유리할 수 있다.

[0069] 그리고 레이더를 사용함에 있어서, 냉각 공기(195)를 공급하는 냉각 공기 순환 장치(200)의 성능 한계에 따라서 유속(또는 Re 수)가 높거나 낮아질 수 있다. 냉각 공기 순환 장치(200)에서 출력되는 냉각 공기(195)의 압력이 변하지 않을 때, 방열핀의 폭이 두꺼워지면 냉각 공기 통로(197)는 좁게 구성 가능하다. 이 경우에는 높은 압력강하가 생겨서 유속이 낮아지므로 도 8의 대류열전달계수(h)를 낮추어 열저항을 높이게 된다. 따라서 본 발명에서는 열저항 설계로 원하는 만큼의 냉각 효과를 얻기 위해서, 열저항과 압력강하를 고려하여 냉각 공기 통로(폭, 길이) 형상의 범위를 설정할 수 있다.

- [0071] 또한, 본 발명의 AESA 레이더에서 송수신 단위 모듈의 냉각구조는 도 6에 도시되고 있는 바와 같이, 추가적인 방열구조를 더 포함하고 있다. 도시되는 도 6은, 송수신 단위 모듈(170)의 내부 후면부를 도시하고 있다.
- [0072] 본 발명에서 추가적인 방열구조는 두가지로 설명할 수 있다. 첫번째는 히트 파이프와 증기 챔버가 없는 방열구조이고, 두번째는 히트 파이프와 증기 챔버가 포함된 방열구조이다.
- [0073] 첫번째 히트 파이프와 증기 챔버가 없는 방열 구조는 앞의 설명에서와 같이, 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 일측에 다수개의 방열핀(190)을 형성한 구조로, 냉각 공기가 직접 방열핀(190)에 접촉하여서 열교환이 빠르게 발생하도록 설계된 구성이다.
- [0074] 두번째 히트 파이프와 증기 챔버가 포함된 방열구조는 다음과 같다. 본 발명에서 냉각 유체는 공기이다. 본 발명에서는 발열체(150)의 열이 냉각 유체와 더 빠르게 접할 수 있도록 송수신 단위 모듈(170)의 측면으로 냉각 공기가 흐른다. 그리고 이때 외부하우징(180)을 통해서 유입된 직후의 냉각 공기와 접하는 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 일측은 열 교환이 더 많이 일어날 수 있도록 방열핀(190) 구조로 설계된다.
- [0075] 방열핀(190)은 하우징(180) 내부로 냉각공기가 유입된 직후 직접 접촉될 수 있도록 송수신 단위 모듈(170)의 일측(입구측)에 형성되고, 방열핀(190)의 접촉으로 열 교환이 발생되면서 냉각 공기는 송수신 단위 모듈(170)의 출구측으로 흐르게 된다. 이 과정에서 송수신 단위 모듈(170)을 구성하는 1번째 송수신 모듈에서부터 16번째 송수신 모듈까지 냉각이 이루어진다.
- [0076] 한편, 냉각 공기에 의한 공랭식의 경우, 송수신 단위 모듈(170)의 입구측과 출구측의 온도 차이가 크게 발생된다. 따라서 본 발명에서는 송수신 단위 모듈(170)의 입구측에 위치하고 있는 기관(165)의 후면과, 송수신 단위 모듈(170)의 출구측에 위치하고 있는 기관(167)의 후면에 열을 퍼트리는 효과를 발생하는 증기 챔버(215,210)를 부착한다. 그리고 증기 챔버(215,210)의 후면에 히트 파이프(220)를 부착하여, 열이 지날 수 있는 통로를 형성한다. 또한 송수신 단위 모듈(170)의 중앙에 위치하고 있는 두 쌍의 기관(163,169)의 후면에는 히트 파이프(217)를 부착하여 열이 지나갈 수 있는 통로를 구성한다.
- [0077] 이와 같이 본 발명에서는 증기 챔버와 히트 파이프로 이루어진 방열 구성, 또는 히트 파이프로 이루어진 방열 구성을 기관의 후면에 추가적으로 더 부착하여, 발열체에서 발생된 열이 냉각 공기와 빠르게 열교환되면서 송수신 단위 모듈(170) 입구측에서 출구측으로 전달되도록 한다.
- [0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 입구측과 출구측에 방열구성은 증기 챔버와 히트 파이프를 포함한다. 증기 챔버(215,210)가 설치되면 HPA(150) 입구 쪽 온도는 상승하고 출구 쪽 온도는 하강한다. 이는 도 12에서 도시된 온도분포에서 확인 가능하다.
- [0079] 이것은 입구측 발열체와 출구측 발열체 사이에서 열이 지날 수 있는 통로가 증기 챔버(215,210)와 히트 파이프(220)에 의해서 형성되기 때문이다. 따라서 증기 챔버(215,210)를 설치에 의해서 변화된 HPA(150)의 온도는 방열핀(190)의 온도를 변화시키고, 이로 인하여 방열핀(190)과 냉각 공기(195) 사이의 온도 차 역시 달라진다.
- [0080] 이와 같이 방열핀(190)과 냉각 공기(195)의 온도 차가 다르다는 것은 열전달양이 달라진다는 것을 나타낸다. 따라서 증기 챔버(215,210)가 적용 후에는 냉각 공기(195)의 입구 쪽과 출구쪽 온도는 다소간 상승하고 하강하게 된다.
- [0081] 그러나 HPA(150)에서 발생하는 열에너지 총량은 변화가 없기 때문에, 증기 챔버의 적용 여부와 관계없이 본 발명의 냉각 시스템의 용량은 동일하게 구성 가능하고, 단지 증기 챔버(215,210)의 적용 여부에 따라서 냉각 공기(195)의 입구 쪽과 출구 쪽에 부분적인 차이가 발생되어진다. 이는 도 10과 도 11의 온도 분포에서 확인할 수 있다. 그러나 이때 발생하는 출구 쪽 온도도 본 발명의 상한 온도인 70 ℃를 초과하지 않는다.
- [0082] 그리고 본 발명의 일 실시예에서 증기 챔버(215,210)는 냉각 유체를 포함하고 있다. 챔버 내에는 온도가 낮은 쪽에서 응축되고 온도가 높은 쪽에서 기화되어 순환되는 상변화가 가능한 유체를 적당한 채워진다.
- [0083] 본 발명의 일 실시예에서 히트 파이프(217,220)도 증기 챔버와 동일한 원리로 구성된다. 히트 파이프는 공지된 구성을 이용 가능하다. 일 실시예로, 구리 또는 알루미늄의 재질을 이용하여 구성 가능하고, 내부에는 다공성 구조가 히트 파이프 내에 형성되어 있다.

- [0085] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 경로를 도시하는 단면도이다.
- [0086] 도시된 바와 같이, 송수신 단위 모듈 하우징(175)의 일측에 형성된 방열핀(190)은 냉각 유체(195)와 직접 접촉하여 빠른 열교환을 수행한다. 이때 다수의 돌출된 냉각핀(190)에 의해서 냉각 공기(195)와 접촉되는 면적이 커져서 냉각이 효과적으로 이루어진다.
- [0087] 특히, 냉각핀(190)을 통하여 냉각 유체(195)가 송수신 단위 모듈(170)의 일측면에 직접적으로 접촉하는 상태가 되기 때문에, 송수신 단위 모듈(170)의 냉각이 보다 효과적으로 이루어진다. 따라서 송수신 단위 모듈(170) 내부에 장착된 발열체(150)에서 발열된 열의 전달 경로는 도시된 빨간색 화살표와 같이, 냉각 유체(195)와의 접촉을 위한 방열 경로가 종래 대비 매우 짧게 형성된다.
- [0089] 다음, 본 발명에서는 발열체(150)를 기관에 장착함에 있어서, 열교환이 빠르게 이루어질 수 있도록 열접촉재료(thermal interface material; TIM)를 계면에 적용하고 있다. 즉, 도 6에 확대 도시된 A 부분 같이, 송수신 단위 모듈(170)의 출구측 발열체(150)를 장착하고 있는 기관(160)은 증기 챔버(210)와 히트 파이프(220)가 부착되어 있다.
- [0090] 따라서 기관(160)과 송수신 단위 모듈 하우징(175)을 생략하고, 발열체(150)를 기준으로 살펴보면, 일측은 증기 챔버(210)와 히트 파이프(220)가 연결된 방열구조 면이고, 다른 일측은 냉각 유체와 접하는 냉각 유체 면이 된다. 따라서 발열체(150)의 양면으로 열접촉재료를 도포하여, 열접촉저항을 최소화할 수 있다. 본 발명에서는 발열체(150)와 방열 구성 사이의 방열구조 면에 열접촉재료를 사용하여 방열 성능을 향상시킨다. 이는 송수신 단위 모듈(170)의 입구측에도 동일하게 적용된다.
- [0091] 마찬가지로 도 6에 확대 도시된 B 부분에서도, 송수신 단위 모듈(170)의 중앙 부분에서 발열체(150)를 장착하고 있는 기관(163)은 히트 파이프(217)가 부착되어 있다. 따라서 기관(163)과 송수신 단위 모듈 하우징(175)을 생략하고, 발열체(150)를 기준으로 살펴보면, 일측은 히트 파이프(217)가 연결된 방열구조 면이고, 다른 일측은 냉각 유체와 접하는 냉각 유체 면이 된다. 따라서 발열체(150)와 히트 파이프(217)가 연결되는 방열구조면에 열접촉재료를 도포하여 열접촉저항을 최소화 할 수 있다. 본 발명에서는 발열체(150)와 방열 구성 사이의 방열구조 면에 열접촉재료를 사용하여 방열 성능을 향상시킨다.
- [0093] 도 8은 본 발명의 방열 경로에 따른 열 저항값을 비교하고 있다. 즉, 도 2에 도시된 종래 수랭식 방열 경로에 따른 열 저항값과, 도 7에 도시된 본 발명의 공랭식 방열 경로에 따른 열 저항값을 비교하면 도시된 바와 같다.
- [0094] 본 발명의 발열체에 대한 열접촉저항($R_{\text{Interface}}$)의 효과는 열접촉재료(TIM)에 의존한다. 이 부분은 도 13과 도 14에서 후술한다.
- [0095] 또한 본 발명에서 발열체(150)와 냉각 유체(195) 사이의 열저항은, 송수신 단위 모듈(170) 및 송수신 단위 모듈 하우징(175)에 의한 열저항(R_{Block})과 냉각 유체(195)에 대한 열저항(R_{Fluid})에 대해서 고려되고, 각 요소를 모두 더한 합계가 비슷하다면 냉각 성능 역시 비슷하다고 할 수 있다.
- [0096] 도 9 ~ 도 11에서는 종래와 본 발명의 실시예에 따른 송수신 단위 모듈에서 냉각 효과를 비교하고 있다.
- [0097] 도시된 구성은 발열체의 발열량은 듀티 사이클이 4%인 1.2 W/mm^3 이고, 유체의 속도에 대한 무차원 수인 레이놀즈 수(Reynolds number ; Re 수)를 1,000으로 고정하고 비교하였다. 이때 발열체 양면에 작용하는 열접촉저항은 $0.1 \text{ mm}^2 \text{ K/W}$ 이다.
- [0098] 여기서 레이놀즈 수(Re 수)는 수학식 1로 정의된다.

$$\text{Re} = \frac{\rho u D}{\mu}$$

[0099]수학식 1

[0100] 여기서 ρ 는 유체의 밀도, u 는 유체의 유속, D 는 수력 직경, μ 는 유체의 점성계수이다.

[0101] 도 9는 종래 수랭식에서의 냉각 효과이고, 좌측은 동일한 온도범위로 나타낸 결과이고, 우측에 도시된 구성은

종래 구성에 따른 송수신 단위 모듈의 온도 분포 상태도를 나타내고 있다.

- [0102] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식에서의 냉각 효과이고, 좌측은 동일한 온도범위로 나타낸 결과이고, 우측에 도시된 구성은 시뮬레이션 결과에 따른 온도 분포 상태도를 나타내고 있다.
- [0103] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 공랭식에서 방열구조(히트 파이프, 증기 챔버)를 부착했을 때 냉각 효과이고, 좌측은 동일한 온도범위로 나타낸 결과이고, 우측에 도시된 구성은 시뮬레이션 결과에 따른 온도 분포 상태도를 나타내고 있다.
- [0104] 도 9와 도 11에 도시된 각각의 그림에서 좌측 상단에 온도를 나타낸 컬러 스케일바를 도시하고 있다. 좌측 그림의 컬러 스케일 바는 최소 온도 ~ 최대 온도가 모두 25℃ ~ 75℃를 나타내고 있고, 우측 그림의 컬러 스케일 바는 각각의 결과에 따라 최적화 된 온도 분포 상태도를 나타내고 있다.
- [0105] 따라서 도시된 도면에서와 같이, 본 발명에서는 최대 온도 70도를 넘지 않는 범위에서 송수신 모듈의 냉각 효과를 얻는 것이 가능하다.
- [0107] 도 12는 송수신 단위 모듈 내에서 발열체의 위치별 온도를 도표로 도시하고 있다.
- [0108] 본 발명의 실시예에서 송수신 단위 모듈은 도 12에 우측에 도시된 바와 같이 총 16개의 송수신 모듈을 포함하고 있다. 1번째 송수신 모듈은 송수신 단위 모듈의 입구측에 배치되고, 16번째 송수신 모듈은 송수신 단위 모듈의 출구측에 배치된다. 그리고 송수신 단위 모듈 하우징의 입구측은 다수개의 방열핀을 일체로 형성해서 송수신 단위 모듈의 일측이 직접 냉각 공기에 접촉하도록 구성하고 있다.
- [0109] 이와 같이 구성되는 송수신 단위 모듈에 포함된 발열체의 온도 분포는 도 12의 좌측에 도시된 바와 같이 나타난다.
- [0110] 도시된 온도 분포에서 ○ 이고 초록색으로 표시된 온도 분포도는 종래 수랭식에 해당되고, ■ 로 표시된 온도 분포도는 본 발명의 공랭식에서 방열구조가 없는 경우에 해당된다. 그리고 검정색 점선으로 표시된 온도 분포도는 방열구조가 없는 공랭식에서의 평균 분포도를 나타낸다.
- [0111] △ 이고 적색으로 표시된 온도 분포도는 본 발명의 공랭식에서 방열구조가 있는 경우에 해당되고, 적색 점선으로 표시된 온도 분포도는 방열구조가 있는 공랭식에서의 평균 분포도를 나타낸다. 그리고 파란색 실선은 송수신 모듈의 최적 동작을 위한 상한 온도값을 나타낸다. 본 발명의 실시예에서는 송수신 모듈에서 가장 높은 열을 내는 발열체의 작동 상한 온도값을 70 ℃로 설정하고, 70 ℃ 이내의 범위에서 작동하도록 한다.
- [0112] 본 발명의 실시예에 따르면, 공랭식이고 방열구조가 없는 경우, ■ 로 표시된 온도 분포도에 나타난 바와 같이, 입구측에 위치한 1번째 송수신 모듈의 온도 분포가 점차 상승하여 출구측에 위치한 16번째 송수신 모듈은 온도 상승이 높아지는 것을 확인 가능하다. 그러나 이 경우에서도 최종 송수신 모듈의 온도 분포도 온도 상한선을 초과하지는 않는다.
- [0113] 또한, 본 발명의 실시예에 따르면, 공랭식이고 방열구조가 있는 경우, △ 이고 적색으로 표시된 온도 분포도에 나타난 바와 같이, 입구측에 위치한 1번째 송수신 모듈의 온도 분포가 점차 상승하지만, 출구측에 위치한 16번째 송수신 모듈에서도 상한 온도값에 훨씬 못미치는 온도 분포를 나타낸다. 그리고 방열구조가 적용된 경우에는 1번째 송수신 모듈의 온도와 16번째 송수신 모듈의 온도 편차가 줄어든 것을 확인할 수 있다.
- [0115] 그리고 도 13은 본 발명의 실시예에서 발열체와 방열 구성 사이의 계면을 도시하고 있다.
- [0116] 도 13에 도시된 바와 같이, 열접촉저항은 두 물체의 표면의 요철에 의해 서로 맞닿을 때 생기는 공극에 의해서 발생한다. 이때 공극에 공기가 존재하면, 공기의 낮은 열전도도 때문에 열저항이 높아지기 때문에, 이 계면에 공기보다 열전도도가 높은 TIM을 적용하여 이를 해소하는 것이 가능해진다. 추가적으로 계면의 표면을 매끈하게 가공하여 접촉하는 것도 열접촉저항을 낮출 수 있다.
- [0117] 열접촉저항(R")은 단위면적당 열전도율(C", thermal conductance)와 역수 관계에 있고, 수학적 2로 표현된다.

$$C'' = \frac{k_{TIM}}{L_{bond\ layer}} \left[W / m^2 K \right]$$

$$R'' = \frac{1}{C''} \left[m^2 K / W \right]$$

[0118]수학식 2

[0119] 수학식 2에 따르면, Bond layer thickness를 1um로 가정 시, 열전도도가 0.1 W/mK인 TIM은 10 mm²K/W의 열접촉 저항을 갖는다.

[0121] 도 14는 본 발명의 일 실시예에서 계면에 사용 가능한 열접촉재료의 예시도를 도시하고 있다.

[0122] 도시된 테이블의 재료는 사용 환경에 따라서 적절하게 선택하여 사용하는 것이 바람직하다. 일 예로 유지보수가 중요한 환경에서는 실리콘(Silicone) 기반의 재료(테이블 8과 10)와 그래핀옥사이드 필름(GO-based graphene film) 혹은 실버나노와이어를 섞은 폴리카보네이트(AgNW + Polycarbonate)재료(테이블 1과 2)가 바람직하다.

[0123] Silicone 기반의 재료는 일반적으로 널리 사용(PC의 CPU와 냉각 팬 계면 등)되는 것으로서 재료 자체에 대한 코스트는 낮은 편이다. 그러나 접착성이 있는 재료와 대비하여 상대적으로 낮은 열전도도로 인해서 계면을 얇게 만들어서 도 15를 충족하는 열접촉저항을 만들어야 한다. 이 경우, 표면을 매끈하게 가공할 필요성이 있다.

[0124] 진동이 심한 환경에서 사용되는 전투기에 적용되는 경우, 접착성이 있는 재료를 선택적으로 사용하는 것이 바람직하다. Epoxy 계열 및 Solder 재료(테이블 3,4,5,6,7,9)는 접착력에 의해서 부품들을 고정하는 역할을 하므로 진동이 심한 환경에서는 실시가 적절하다 할 수 있다.

[0125] 이와 같이 도시되고 있는 다양한 재료와 그 성능(열전도도), 사용 환경에 맞게 재료를 선정하여 열접촉저항을 만족하도록 적용하는 것이 바람직하다.

[0126] 그리고 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 열접촉저항에 따른 발열체의 최대온도값의 그래프를 도시하고 있다.

[0127] 도시된 바와 같이, 방열구조를 적용하기 전 경우, 열접촉저항이 5 mm²K/W 보다 낮아야 하고, 방열구조를 적용한 경우, 열접촉저항이 20 mm²K/W 보다 낮아야 한다.

[0129] 이상에서 설명된 본 발명의 실시예에 따른 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 방열 구조를 이용하는 공랭식 AESA 레이더에서 송수신 모듈의 냉각 시스템은 구성 제어를 위하여 컴퓨팅 디바이스를 포함하는 컴퓨팅 환경에서 구현 가능하다. 컴퓨팅 환경은 컴퓨팅 디바이스를 포함 가능하다. 컴퓨팅 디바이스는 다른 단말과 신호를 송수신하는 모든 형태의 컴퓨팅 디바이스일 수 있다.

[0130] 컴퓨팅 디바이스는 적어도 하나의 프로세서(또는 제어모듈), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체 및 통신버스를 포함한다. 프로세서는 컴퓨팅 디바이스로 하여금 앞서 언급된 실시예에 따라 동작하도록 제어할 수 있다. 프로세서는 컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 하나 이상의 프로그램을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능한 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서에 의해 실행되는 경우 컴퓨팅 장치로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0131] 컴퓨터 판독 가능 저장매체는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 프로그램은 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 컴퓨팅 디바이스에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.

[0132] 통신 버스는 프로세서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체를 포함하여 컴퓨팅 장치의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.

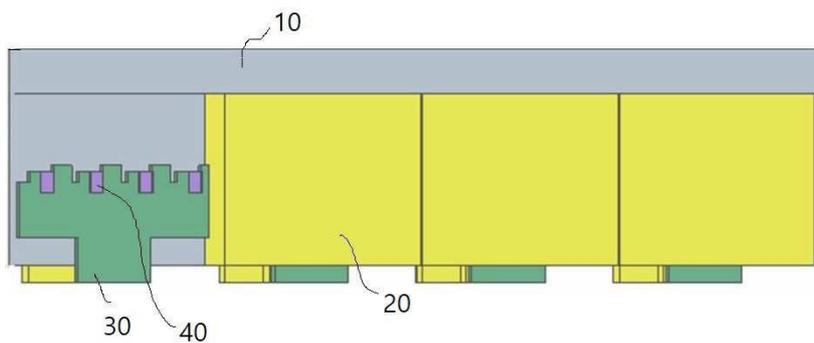
- [0133] 컴퓨팅 디바이스는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스 및 하나 이상의 통신 인터페이스를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스 및 통신 인터페이스는 통신 버스에 연결된다. 입출력 장치(미도시)는 입출력 인터페이스를 통해 컴퓨팅 디바이스의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다. 예시적인 입출력 장치는 포인팅 장치(마우스 또는 트랙패드 등), 키보드, 터치 입력 장치(터치패드 또는 터치스크린 등), 음성 또는 소리 입력 장치, 다양한 종류의 센서 장치 및/또는 촬영 장치와 같은 입력 장치, 및/또는 디스플레이 장치, 프린터, 스피커 및/또는 네트워크 카드와 같은 출력 장치를 포함할 수 있다. 예시적인 입출력 장치는 컴퓨터 디바이스를 구성하는 일 컴포넌트로서 컴퓨팅 디바이스의 내부에 포함될 수도 있고, 컴퓨팅 디바이스와는 구별되는 별개의 장치로 컴퓨팅 디바이스와 연결될 수도 있다.
- [0134] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.
- [0135] 이상의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

부호의 설명

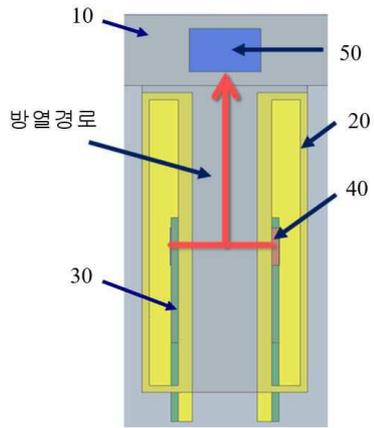
- [0137] 10 : 냉각판, 20 : 송수신 단위 모듈, 30 : 기관, 40 : 발열체, 50 : 냉각 유체(액체), 110 : 복사소자, 120 : 전면 하우징, 130 : 송수신 모듈 구조체, 140 : 후면 하우징, 150 : 발열체, 160, 163, 165, 167 : 기관, 170 : 송수신 단위 모듈, 175 : 송수신 단위 모듈 하우징, 180 : 외부 하우징, 190 : 방열핀, 195 : 냉각 유체(공기), 200 : 냉각 공기 순환 장치, 210, 215 : 증기 챔버, 217, 220 : 히트 파이프

도면

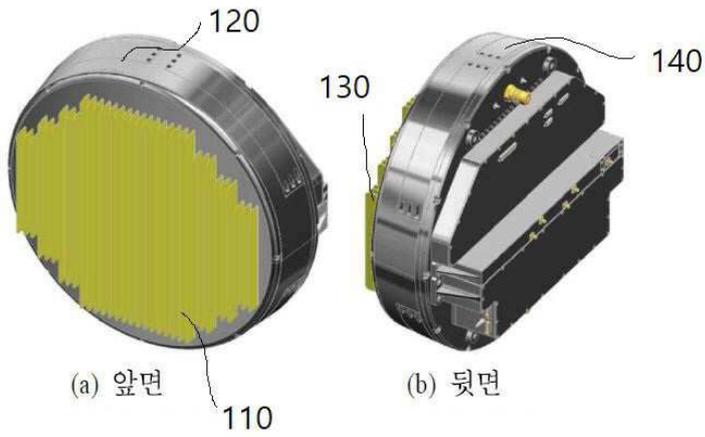
도면1



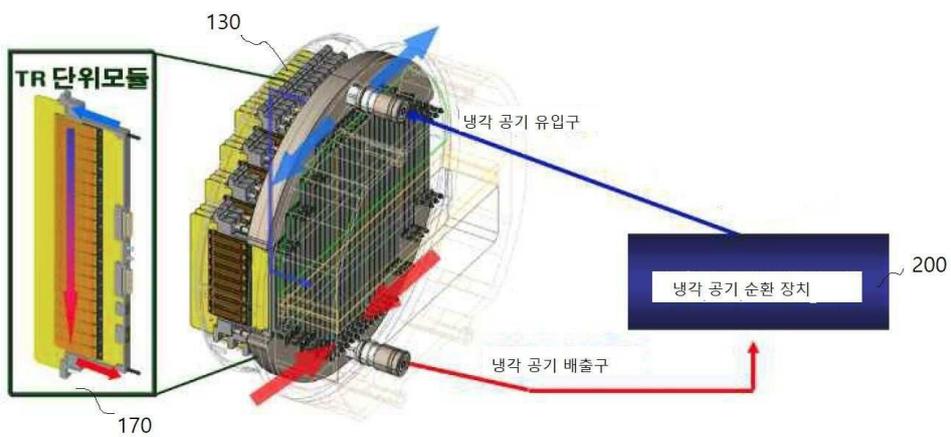
도면2



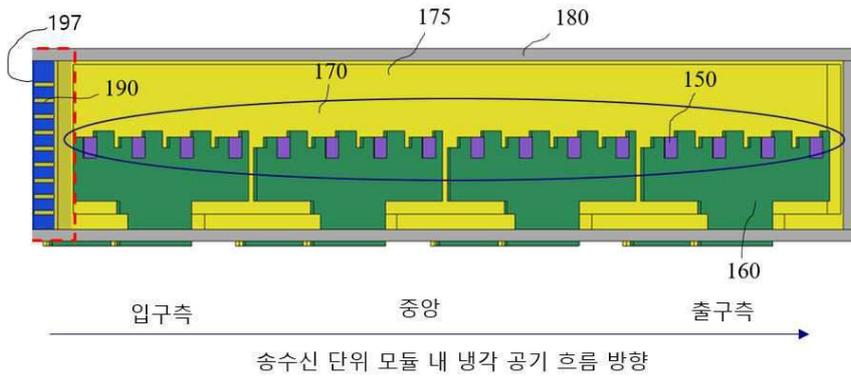
도면3



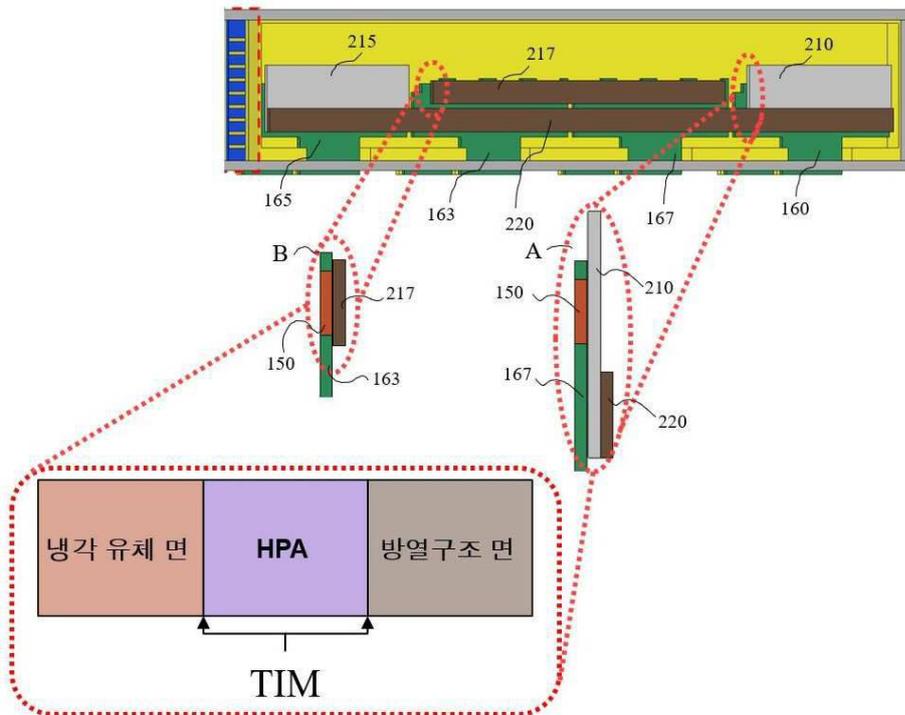
도면4



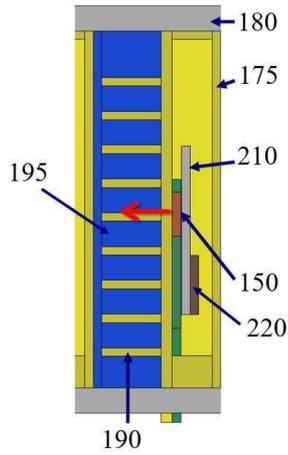
도면5



도면6

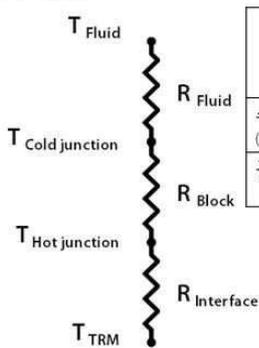


도면7



도면8

열저항



	R _{interface}			R _{Block}			R _{Fluid}			
	k	A	L	k	A	L	R	h	A	R
	W/mK	mm ²	mm	W/mK	mm ²	mm	K/W	W/m ² K	mm ²	K/W
수랭 (EGW)	Thermal interface material dependent			200	12	16	6.67	327	43	102
공랭 (Air)	Thermal interface material dependent			200	22	2	0.45	31	270	119

$$R_{solid} = \frac{L_{solid}}{k_{solid} A_{solid}}$$

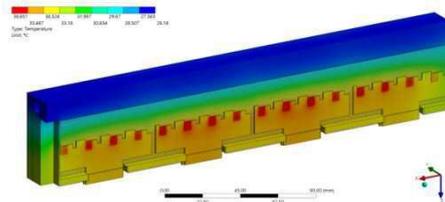
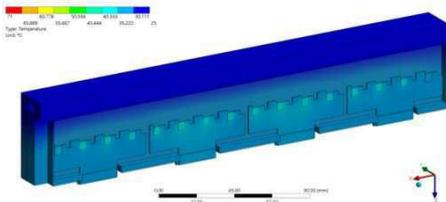
$$R_{fluid} = \frac{1}{h_{fluid} A_{fluid}}$$

$$Nu_D = \frac{h_{fluid} D}{k_{fluid}}$$

$$= 4.36 \text{ (Re} < 2,300 \text{)}$$

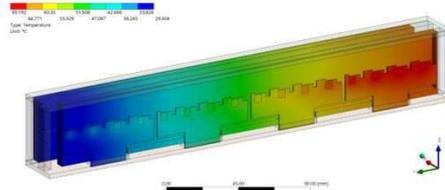
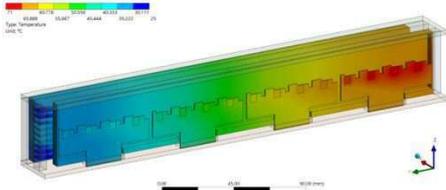
도면9

수랭, Re 1,000, HPA duty cycle 4%, 열점측저항: 10⁻¹ mm²K /W



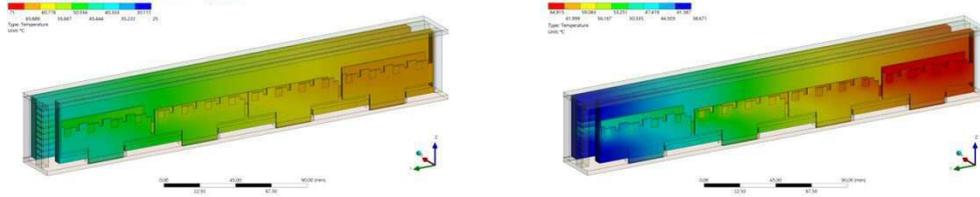
도면10

공랭, Re 1,000, HPA duty cycle 4%, 열점측저항: 10⁻¹ mm²K /W

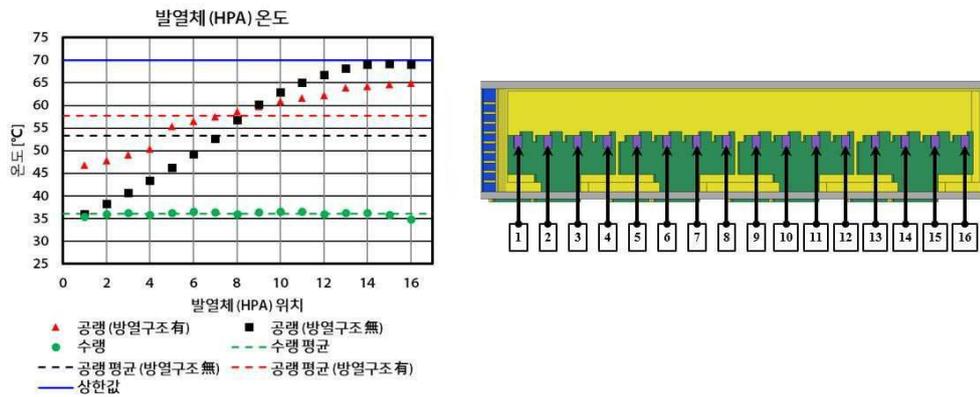


도면11

공랭, 방열구조 적용, Re 1,000, HPA duty cycle 4%, 열점 억제항: $10^{-1} \text{ mm}^2\text{K/W}$



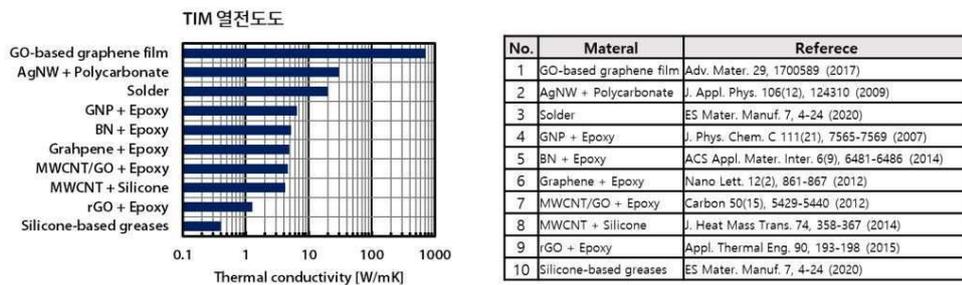
도면12



도면13



도면14



도면15

