



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0141042
(43) 공개일자 2023년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B64G 1/40 (2023.01) F03H 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B64G 1/405 (2013.01)
F03H 1/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0040088
(22) 출원일자 2022년03월31일
심사청구일자 2022년03월31일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이균호
서울특별시 광진구 능동로 209(군자동)
(74) 대리인
유병욱

전체 청구항 수 : 총 10 항

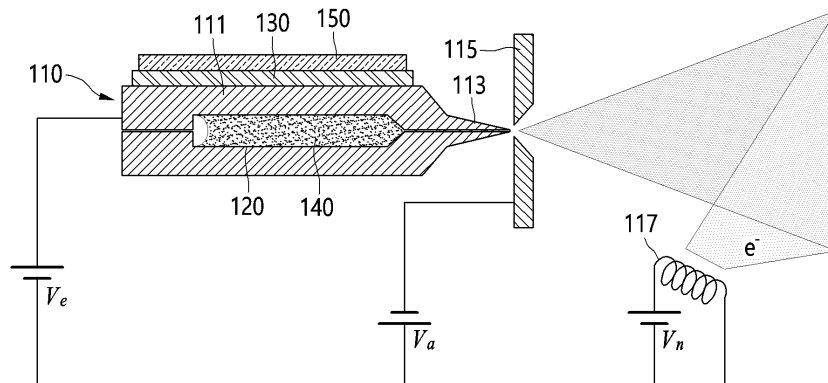
(54) 발명의 명칭 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은, 내부에 형성된 추진제 저장부에 저장된 갈륨 추진제로부터 이온을 추출하는 추력기; 상기 추력기의 전방에 마련되며, 상기 추력기의 방출기를 통해 추출 및 분사되는 상기 이온을 가속시키는 가속부; 상기 가속부를 통과하여 가속 중인 상기 이온에 전자를 공급하여 상기 이온을 중화시키는 중화부; 및 상기 갈륨 추진제의 액화 온도 보다 낮아지거나 높아지도록 상기 갈륨 추진제의 온도를 조절하는 누설 방지부;를 포함하며, 상기 누설 방지부는 공급되는 전류의 방향에 따라 상기 갈륨 추진제의 온도를 높이거나 낮출 수 있다.

대표도 - 도3

100



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711135272
과제번호	2021M1A3B8078958
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	스페이스챌린지(R&D)
연구과제명	초소형위성용 1mN급 정전분무 방식 전기 추력기의 핵심기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

내부에 형성된 추진제 저장부에 저장된 갈륨 추진제로부터 이온을 추출하는 추력기;

상기 추력기의 전방에 마련되며, 상기 추력기의 방출기를 통해 추출 및 분사되는 상기 이온을 가속시키는 가속부;

상기 가속부를 통과하여 가속 중인 상기 이온에 전자를 공급하여 상기 이온을 중화시키는 중화부; 및

상기 갈륨 추진제의 액화 온도 보다 낮아지거나 높아지도록 상기 갈륨 추진제의 온도를 가열 및 냉각하는 누설 방지부;를 포함하며,

상기 누설 방지부는 공급되는 전류의 방향에 따라 상기 갈륨 추진제의 온도를 높이거나 낮추는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 누설 방지부가 고체 상태인 상기 갈륨 추진제의 온도를 높여서 액화 온도 이상으로 유지되면 액체 상태로 된 상기 갈륨 추진제에서 추출된 상기 이온이 방출되며,

상기 누설 방지부가 액체 상태인 상기 갈륨 추진제의 온도를 낮춰서 액화 온도 이하가 되면 상기 갈륨 추진제는 고체 상태로 되어 상기 추진제 저장부에서 누설되지 않고 저장 상태를 유지하는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 누설 방지부에 공급되는 전류의 방향은 상기 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 비행제어컴퓨터 및 전원공급부의 작동과 연계하여 변경되는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 누설 방지부가 상기 갈륨 추진제를 냉각시키는 것을 가속하거나 외부 또는 내부의 열이 상기 갈륨 추진제에 전달되는 것을 차단하거나 방지하는 반사부를 더 포함하는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 누설 방지부는 전원공급부에서 공급되는 전류의 방향에 따라 흡열면과 발열면이 서로 바뀌는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 반사부는 이차면경으로 마련되는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 반사부는, 상기 누설 방지부가 액체 상태인 상기 갈륨 추진제를 액화 온도 이하로 냉각할 때 극저온의 우주 공간으로 열방출을 가속하거나, 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생된 복사열에 의해 고체 상태인 상기 갈륨 추진제의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지하는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 반사부는, 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 상기 갈륨 추진제로 유입되는 복사열 전달을 차단하거나 상기 누설 방지부에서 발생된 열을 전도 및 복사열 전달에 의해 극저온의 우주 공간으로 배출하는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 추진제 저장부에는 상기 갈륨 추진제의 열전달을 촉진하는 열전달 촉진부재가 장착되는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 열전달 촉진부재는 와이어 메쉬 부재, 핀 부재 또는 허니컴 부재 중 적어도 어느 하나로 마련되며 구리 재질로 형성되는, 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 우주 공간으로 액체 금속 갈륨 추진제의 불필요한 누설을 방지할 수 있는 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 제공한다.

배경 기술

[0003] 뉴 스페이스 시대를 맞아 군집 초소형 위성의 활용이 전 세계적으로 증가함에 따라, 초소형 위성의 임무 성능 향상을 위한 정밀 궤도 유지 및 자세 제어용 저추력 소형 추력기의 중요성과 필요성이 점차 증가하고 있다.

- [0004] 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같은 초소형 인공위성에 해당하는 큐브위성 또는 큐브샷(Cubesat, 10)의 경우에, 큐브위성의 자세제어 등을 위해서 전계방출 전기추진 추력기 또는 전계방사형 전기추진 시스템이 사용될 수 있다.
- [0005] 큐브샷(10)의 기본 표준은 가로, 세로 및 높이가 각각 10 cm 즉 부피 1L 규격이고, 이 표준 단위를 1U(1 UNIT)라고 지칭한다. 유닛 하나로 구성된 위성을 1U 큐브샷, 2개가 붙어있으면 2U 큐브샷, 3개가 붙어있으면 3U 큐브샷이라고 한다.
- [0006] 도 2를 참조하면, 큐브위성(10)은 상단에 위치하는 안테나(11), 안테나(11)의 하부에 위치하는 박스 형태의 몸체(30), 몸체(30)의 측면에 부착된 태양광 패널(12), 몸체(30)의 내부에 수납되는 카메라(13), 전원부(14), 신호수신부(15), 비행제어컴퓨터(16)를 포함할 수 있다.
- [0007] 큐브위성(10)과 같은 다수의 초소형 위성을 군집 및 편대로 운용하는 다양한 우주 임무 프로그램이 증가하는 추세에서, 초소형 위성의 궤도유지 및 자세제어를 위한 추진시스템 탑재는 선택이 아닌 필수로 그 수요가 점차 증가하고 있다. 추력기를 사용하면 초소형 군집 위성의 신속한 궤도상 배치로 빠른 임무개시가 가능하고, 임무 종료시 반통제 궤도이탈(semi-controlled deorbit)을 통해 우주 쓰레기 경감에도 기여할 수 있다.
- [0008] 전계방사 전기추진(FEEP; Field Emission Electric Propulsion) 추력기는 추진제로 액체 금속을 사용하는 데, 강한 전기장에 의해 이온화된 액체 금속을 우주 공간으로 가속시킴으로써 초소형 위성의 궤도 유지 및 자세 제어에 필요한 추력을 발생하는 방식의 추력기이다.
- [0009] 전계방사형 전기 추력기 또는 전계방사형 전기추진 시스템(이하에서는 "전계방사형 전기추진 시스템"이라 함)은 1 μ N급에서 1 mN급까지의 추력 범위와 2,000 s 이상의 큰 비추력을 가지며, 구조가 단순하고 소형화가 가능하여 초소형 위성의 다양한 자세 및 궤도 제어 임무에 적합하다.
- [0010] 전계방사형 전기추진 시스템의 추진제로는 액체 금속인 갈륨, 세슘, 인듐 등이 사용될 수 있다.
- [0011] 세슘의 경우에는 유독성이 크고, 높은 반응성으로 인해 불안정한 문제가 있다. 세슘은 113℃의 높은 액화 온도로 인해 액체 상태로 변환시 30분 이상의 가열시간과 가열히터의 소요전력이 크다는 한계가 있다.
- [0012] 인듐의 경우에는 무독성이고 안정성이 높다. 하지만, 150℃의 높은 액화 온도로 인해 액체상태로 변환시 1시간 이상의 가열시간이 소요되며 이에 비례하여 가열히터의 소요 전력이 크게 증가한다는 한계가 있다.
- [0013] 반면에, 갈륨의 경우에는 무독성이며, 액화온도가 약 30℃로 낮은 장점이 있다. 따라서, 갈륨을 액체상태로 변환시킬 때 소요되는 가열시간을 줄일 수 있고 가열히터의 소요 전력을 상대적으로 절감할 수 있다. 하지만, 30℃ 이상에서는 갈륨이 액체 상태가 되므로 추진 시스템의 외부로 누설될 수 있다.
- [0014] 갈륨을 추진제로 사용하는 전계방사형 전기추진 시스템을 작동하기 위해서는 갈륨을 액체 상태로 유지할 수 있도록 30℃ 이상으로 가열이 필요한 반면에, 전계방사형 전기추진 시스템을 작동하지 않는 경우에는 액체 상태의 갈륨이 우주 공간으로 누설되는 것을 방지하기 위해 고체 상태의 갈륨이 되도록 30℃ 이하로 냉각해야 한다.
- [0015] 이와 같이, 액체 상태의 갈륨 추진제가 우주 공간으로 누설되면 불필요한 추진제의 낭비와 소모가 증가하므로, 그 결과 초소형 위성의 임무 수명이 심각하게 단축되며 큰 비용 손실이 발생하는 문제가 있다.
- [0016] 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명을 제안하게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0018] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2013-0039139호(2013.04.19. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0019] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 추진제로 사용되는 갈륨이 액체 상태에서 우주 공

간으로 불필요하게 누설되는 것을 방지할 수 있는 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 제공한다. 본 발명은 기존에 추진제로 사용된 세슘이나 인듐 대신 액화 온도가 낮은 갈륨과 구리 재질의 열전달 촉진부재를 사용함으로써, 전기추진 시스템을 사용할 때 고체 상태인 갈륨의 온도가 액화 온도에 도달하는 히터의 가열시간을 대폭 줄여 전기추진 시스템을 빠르게 사용 가능한 상태로 만들 수 있고, 이와 동시에 히터의 소요 전력을 줄임으로써 저전력에서 작동이 가능한 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 제공한다.

[0020] 본 발명은 전기추진 시스템을 사용하지 않을 때 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생한 복사열로 인해 고체 상태인 갈륨의 온도가 상승하는 것을 방지함으로써 액체 상태가 되어 우주 공간으로 불필요하게 누설되는 것을 방지할 수 있는 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기한 바와 같은 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은, 내부에 형성된 추진제 저장부에 저장된 갈륨 추진제로부터 이온을 추출하는 추력기; 상기 추력기의 전방에 마련되며, 상기 추력기의 방출기를 통해 추출 및 분사되는 상기 이온을 가속시키는 가속부; 상기 가속부를 통과하여 가속 중인 상기 이온에 전자를 공급하여 상기 이온을 중화시키는 중화부; 및 상기 갈륨 추진제의 액화 온도 보다 낮아지거나 높아지도록 상기 갈륨 추진제의 온도를 가열 및 냉각하는 누설 방지부;를 포함하며, 상기 누설 방지부는 공급되는 전류의 방향에 따라 상기 갈륨 추진제의 온도를 높이거나 낮출 수 있다.

[0023] 상기 누설 방지부가 고체 상태인 상기 갈륨 추진제의 온도를 높여서 액화 온도 이상으로 유지되면 액체 상태인 상기 갈륨 추진제에서 추출된 상기 이온이 방출되며, 상기 누설 방지부가 액체 상태인 상기 갈륨 추진제의 온도를 낮춰서 액화 온도 이하가 되면 상기 갈륨 추진제는 고체 상태로 되어 상기 추진제 저장부에서 누설되지 않고 저장 상태를 유지할 수 있다.

[0024] 상기 누설 방지부에 공급되는 전류의 방향은 상기 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 비행제어컴퓨터 및 전원공급부의 작동과 연계하여 변경될 수 있다.

[0025] 상기 누설 방지부가 상기 갈륨 추진제를 냉각시키는 것을 가속하거나 외부 또는 내부의 열이 상기 갈륨 추진제에 전달되는 것을 차단하거나 방지하는 반사부를 더 포함할 수 있다.

[0026] 상기 누설 방지부는 전원공급부에서 공급되는 전류의 방향에 따라 흡열면과 발열면이 서로 바뀔 수 있다.

[0027] 상기 반사부는 이차면경으로 마련될 수 있다.

[0028] 상기 반사부는, 상기 누설 방지부가 액체 상태인 상기 갈륨 추진제를 액화 온도 이하로 냉각할 때 극저온의 우주 공간으로 열방출을 가속하거나, 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생된 복사열에 의해 상기 갈륨 추진제의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지할 수 있다.

[0029] 상기 반사부는, 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 상기 갈륨 추진제로 유입되는 복사열 전달을 차단하거나 상기 누설 방지부에서 발생된 열을 전도 및 복사열 전달에 의해 극저온의 우주 공간으로 배출할 수 있다.

[0030] 상기 추진제 저장부에는 상기 갈륨 추진제의 열전달을 촉진하는 열전달 촉진부재가 장착될 수 있다.

[0031] 상기 열전달 촉진부재는 와이어 메쉬 부재, 핀 부재 또는 허니컴 부재 중 적어도 어느 하나로 마련되며 구리 재질로 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은 열전소자를 이용하여 추진제인 갈륨의 온도를 쉽고 빠르게 제어할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은 전

기추진 시스템을 사용할 때 열전소자에 전류를 공급하여 고체 상태 갈륨의 온도를 액화 온도 이상으로 가열하여 전기추진 시스템을 빠르게 사용 가능한 상태로 만들 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은 전기추진 시스템을 사용하지 않을 때 열전소자에 공급되는 전류의 방향을 바꿔 액체 상태 갈륨의 온도를 액화 온도 이하로 냉각함으로써, 갈륨의 상태를 액체에서 고체로 변환할 수 있다. 또한, 이차면경을 이용한 반사부를 열전소자의 외부에 장착함으로써 극저온의 우주 공간으로 열방출을 증대시키거나 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생한 복사열이 고체 상태의 갈륨에 전달되어 갈륨이 액체 상태가 되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과 외부의 우주 공간으로 불필요한 갈륨 추진체의 누설을 방지하며, 이를 통해 초소형 위성의 임무 수명이 단축되는 것을 방지할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템은 갈륨 추진체의 내에서 열전달을 촉진하기 위한 구리 재질의 열전달 촉진부재를 추진체 저장부의 내부에 장착할 수 있다. 이를 통해 열전소자 가열에 의해 고체 상태의 갈륨이 액화 온도에 도달하는 시간을 줄임으로써 히터의 소요 전력을 줄이거나 열전소자의 냉각에 의해 액체 상태의 갈륨이 액화 온도 이하의 낮은 온도로 냉각되는 시간을 줄임으로써 저전력으로 동작하면서 우주 공간으로의 불필요한 갈륨 추진체의 누설을 동시에 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1 및 도 2는 큐브위성을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 작동원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하는 경우 열전소자의 가열에 의해 갈륨의 상태를 고체에서 액체로 변환하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하지 않는 경우 열전소자의 냉각에 의해 갈륨의 상태를 액체에서 고체로 변환하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하지 않는 경우 전기추진 시스템 외부에 이차면경을 장착하여 태양으로부터 전달되는 복사열을 반사함으로써, 고체 상태 갈륨 추진체의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 추진체 저장부 내부에 장착되어 열전달을 촉진하는 구리 재질의 열전달 촉진부재를 도시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템에 사용되는 열전소자의 가열 및 냉각에 따른 갈륨 추진체 내부의 고체 및 액체 분포 상태를 보여주는 해석 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소는 동일, 유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 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 범

위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0040] 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.
- [0041] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0042] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0043] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 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.
- [0044] 도면들은 개략적이고 축적에 맞게 도시되지 않았다는 것을 일러둔다. 도면에 있는 부분들의 상대적인 치수 및 비율은 도면에서의 명확성 및 편의를 위해 그 크기에 있어 과장되거나 감소되어 도시되었으며 임의의 치수는 단지 예시적인 것이지 한정적인 것은 아니다. 그리고 둘 이상의 도면에 나타나는 동일한 구조물, 요소 또는 부품에는 동일한 참조 부호가 유사한 특징을 나타내기 위해 사용된다.
- [0045] 본 발명의 실시예는 본 발명의 이상적인 실시예들을 구체적으로 나타낸다. 그 결과, 도면의 다양한 변형이 예상된다. 따라서 실시예는 도시한 영역의 특정 형태에 국한되지 않으며, 예를 들면 제조에 의한 형태의 변형도 포함한다.
- [0047] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 작동원리를 설명하기 위한 도면, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템을 도시한 도면, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하는 경우 열전소자의 가열에 의해 갈륨의 상태를 고체에서 액체로 변환하는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하지 않는 경우 열전소자의 냉각에 의해 갈륨의 상태를 액체에서 고체로 변환하는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템이 작동하지 않는 경우 전기추진 시스템 외부에 이차면경을 장착하여 태양으로부터 전달되는 복사열을 반사함으로써, 고체 상태 갈륨 추진제의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지하는 과정을 설명하기 위한 도면, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템의 추진제 저장부 내부에 장착되어 열전달을 촉진하는 구리 재질의열전달 촉진부재를 도시한 도면, 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템에 사용되는 열전소자의 가열 및 냉각에 따른 갈륨 추진제 내부의 고체 및 액체 분포 상태를 보여주는 해석 결과이다.
- [0048] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템(100, 이하 '전기추진 시스템'이라 함)에 대해서 설명한다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 큐브위성(10, 도 1 참조)과 같은 초소형 인공위성 뿐만 아니라 다양한 우주비행체에 탑재되어 우주비행체의 궤도 유지 및 자세 제어 등을 위해서 이용될 수 있다.
- [0050] 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 내부에 장착된 추진제 저장부(111)에 저장된 액체 상태의 갈륨 추진제(120)로부터 이온을 분사하는 추력기(110); 추력기(110)의 전방에 마련되며, 추력기(110)의 방출기(113)를 통해 추력기(110)로부터 상기 이온을 추출 및 분사하여 우주 공간으로 가속시키는 가속부(115); 가속부(115)를 통과하여 가속 중인 상기 이온에 전자를 공급하여 상기 이온을 중화시키는 중화부(117); 및 갈륨 추진제(120)의 액화 온도 보다 낮아지거나 높아지도록 갈륨 추진제(120)의 온도를 가열 및 냉각하는 누설 방지부(130);를 포함할 수 있다.
- [0051] 여기서, 누설 방지부(130)는 공급되는 전류의 방향에 따라 갈륨 추진제(120)의 온도를 높이거나 낮출 수 있다.
- [0052] 누설 방지부(130)는 열전소자를 이용하거나 포함할 수 있으며, 전기추진 시스템(100)을 사용할 때 기존의 방식

은 히터를 사용했지만, 본 발명에서는 히터 대신 열전소자를 갈륨의 액화 온도(30℃) 이상으로 가열하여 고체 상태인 갈륨 추진제(120)를 액체 상태로 상변화시킬 수 있다. 또한, 전기추진 시스템(100)을 사용하지 않을 때에는 열전소자를 갈륨의 액화 온도(30℃) 미만으로 냉각하여 액체 상태인 갈륨 추진제(120)를 고체 상태로 상변화시킴으로써 액체 상태의 갈륨이 불필요하게 누설되는 것을 방지할 수 있다.

- [0053] 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 일정량의 갈륨 추진제(120)를 저장하기 위한 추진제 저장부(111)를 추력기(110)의 내부에 포함할 수 있다.
- [0054] 추력기(110)는 박스 형태로 형성된 것으로 도시되어 있지만 그 형태는 다양하게 변형될 수 있다. 다만, 추력기(110)는 그 외면에 누설 방지부(130) 및 후술하는 반사부(150)를 부착하거나 고정하기 쉬운 형태를 가지는 것이 바람직하다.
- [0055] 추력기(110)의 내부에는 갈륨 추진제(120)를 저장하는 추진제 저장부(111)가 형성되고 일단에는 액체 상태로 변한 갈륨 추진제가 방출 또는 분사되는 방출기(113)가 형성될 수 있다.
- [0056] 추력기(110)의 일단의 팁(tip)에 형성된 방출기(113)는 핀(pin), 니들(needle), 모세관(capillary), 슬릿(slit) 또는 다공성(porous)의 형태로 마련될 수 있다. 도 3에 도시된 슬릿 형태의 방출기(113)는 추력기(110)의 내부에서 액체 상태의 갈륨이 적셔지게 된다.
- [0057] 방출기(113)에서는 분사되는 액체 상태 갈륨의 표면장력과 전기장이 상호 작용하여 원뿔 모양의 형상(테일러 원뿔, Taylor cone)이 형성된다. 이 상태에서 방출기(113)가 10^{10} V/m 정도의 전기장 강도를 갖게 되면 액체 갈륨의 이온화가 일어난다. 즉, 추진제(120)로 사용되는 액체 갈륨의 표면에서 전기방출에 의해 이온이 생성된다. 이와 같이 발생된 이온은 전기장에 의해 10 km/s 보다 빠른 속도로 가속되어 방사됨으로써 전기추진 시스템(100)은 1 μ N~1 mN 범위의 추력을 낼 수 있게 된다.
- [0058] 추력기(110)와 가속부(115) 사이에 높은 전위차를 가하기 위해 전원공급부(Ve, Va)가 마련될 수 있다.
- [0059] 가속부(115)는 추력기(110)와 함께 전원공급부(Ve, Va)로부터 전력을 공급 받아 액체 갈륨(120)에서 이온을 추출하는데 필요한 전기장을 생성시키고, 전위차를 만들어줌으로써 이온을 가속시키게 된다.
- [0060] 추력기(110)는 양의 전위를 가지는 반면에 가속부(115)는 음의 전위를 가지며, 방출기(113)로부터 1 mm 정도 떨어진 매우 가까운 지점에 가속부(115)가 위치하는 것이 바람직하다.
- [0061] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)을 운용하는 동안 시스템(100)에서 방출된 이온이 인공 위성 등 우주비행체의 표면에 축적되면, 우주비행체 대전(spacecraft charging) 현상이 발생하여 우주비행체를 구성하는 전자 장비 등에 문제를 일으킬 수 있다. 이를 방지하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은, 가속부(115)를 지나 가속 중인 이온 영역에 전자를 공급하여 이온을 중화시키는 중화부(117)를 포함할 수 있다. 또한, 중화부(117)에 전력을 공급하는 전원공급부(Vn)를 포함할 수 있다.
- [0062] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 추진제(120)로 갈륨을 사용하는데, 전기추진 시스템(100)을 사용하는 경우에는 이온 상태로 분사하기 위해 고체 상태의 갈륨을 액체 상태로 만들어야 하고, 전기추진 시스템(100)을 사용하지 않는 경우에는 액체 상태의 갈륨 추진제(120)를 고체 상태로 만들어야 한다. 이를 위해, 추진제 저장부(111)에 저장되어 있는 갈륨 추진제(120)의 온도를 액화 온도인 30℃ 이상이 되게 제어하거나 그 이하가 되게 제어해야 한다.
- [0063] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 갈륨 추진제(120)를 가열하거나 냉각하기 위해 기존에 사용되던 히터 대신에 누설 방지부(130)를 사용한다.
- [0064] 누설 방지부(130)는 갈륨 추진제(120)를 저장하는 추력기(110)의 외면에 장착될 수 있다. 누설 방지부(130)가 갈륨 추진제(120)의 온도를 높여서 액화 온도(30℃) 이상으로 유지되면 갈륨 추진제(120)는 고체 상태에서 액체 상태로 변하고 액체 상태로 변한 갈륨 추진제(120)에서 추출된 이온이 방출기(113)에서 방출되며, 누설 방지부(130)가 갈륨 추진제(120)의 온도를 낮춰서 액화 온도(30℃) 이하(아래)가 되면 액체 상태의 갈륨 추진제(120)는 고체 상태가 되기 때문에 추진제 저장부(111)에서 누설되지 않고 저장된 상태를 유지할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 누설 방지부(130)에 공급되는 전류의 방향에 따라 갈륨 추진제(120)의 온도를 올리거나 내릴 수 있다. 기존에 히터를 사용하는 방식은 단순히 고체 상태의 액체 금속 추진제를 가열하여 액체 상태로 변화시키는 것만 가능하기 때문에 액체 금속이 누설되는 것은 방지할 수 없었다. 하지만, 본 발명에서는 기존의 히터 대신에 열전소자를 사용하므로 단순히 전류의 방향에 따라 가열과 냉각이

가능하다. 따라서, 전기추진 시스템(100)을 사용할 때는 열전소자를 가열하여 고체 갈륨 추진제(120)의 온도를 액화 온도(30℃) 이상으로 올림으로써 액체로 상변화시킬 수 있고, 전기추진 시스템(100)을 사용하지 않을 때는 열전소자를 액화 온도(30℃) 미만으로 냉각하여 액체 갈륨 추진제를 고체 상태로 응고시킴으로써 액체 상태의 갈륨 추진제가 불필요하게 누설되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 후술하는 구리 재질의 열전달 촉진부재를 추진제 저장부 내부에 장착하여 열전소자의 한 가열과 냉각을 촉진함으로써 갈륨 추진제(120)의 온도가 변하는데 걸리는 시간을 줄일 수 있고 이를 통해 전기추진 시스템(100)에 필요한 소요 전력량을 줄일 수 있다.

[0066] 여기서, 누설 방지부(130)에 공급되는 전류의 방향은 전기추진 시스템(100)의 작동과 연계하여 변할 수 있다. 즉, 전기추진 시스템(100)이 작동하는 경우와 작동하지 않는 경우에 따라 누설 방지부(130)에 공급되는 전류의 방향이 바뀔 수 있다.

[0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 큐브위성(10, 도 1 참조) 등 우주비행체에 탑재되는 비행 제어컴퓨터(16, 도 2 참조)에 의해서 작동 여부가 결정되거나 제어될 수 있고, 비행제어컴퓨터(16)는 전원공급부를 제어하여 전기추진 시스템(100)의 작동 여부와 연계하여 누설 방지부(130)에 공급되는 전류의 방향을 변경할 수 있다.

[0068] 누설 방지부(130)는 전원공급부에서 공급되는 전류의 방향에 따라 흡열면과 발열면이 서로 바뀔 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)의 누설 방지부(130)는 공급되는 전류의 방향에 따라 흡열면과 발열면이 서로 바뀌는 열전 소자(Thermoelectric element) 또는 펠티에 소자(Peltier element)로 마련될 수 있다.

[0069] 도 5 및 도 6을 참조하면, 누설 방지부(130)는 제1 전류입출라인(131) 제2 전류입출라인(132), 기관(133), P형 반도체(136) 및 N형 반도체(137)를 포함할 수 있다. 도 5 및 도 6에는 기관(133)이 일면에만 도시되어 있지만 그 반대면에도 동일한 기관이 존재한다. 기관(133)은 구리와 같은 전기 도전체로 마련될 수 있다.

[0070] 도 5의 경우에는 누설 방지부(130)의 제1 전류입출라인(131)으로 전류가 공급되고 제2 전류입출라인(132)으로 전류가 나오는 경우이다. 이때, 누설 방지부(130)의 상면 및 하면 중 추력기(110)와 접하는 일면이 발열면(Hot)이 되고 반대쪽의 타면이 흡열면(Cold)이 된다. 따라서, 추력기(110)와 접하는 누설 방지부(130)의 일면을 통해 발열되는 열이 추력기(110)에 전달되고 최종적으로 추진제 저장부(111) 내의 갈륨 추진제(120)까지 전달될 수 있다.

[0071] 도 5에 도시된 경우는 전기추진 시스템(100)이 작동하는 경우이며, 누설 방지부(130)의 발열면에서 발생한 열이 고체 상태로 추진제 저장부(111)에 저장된 갈륨 추진제(120)에 전달되기 때문에 갈륨 추진제(120)의 온도가 올라가게 되고 액화 온도에 도달하면 갈륨 추진제(120)가 액체 상태가 되어서 방출기(113)를 통해 분사된다.

[0072] 도 6의 경우에는 누설 방지부(130)의 제2 전류입출라인(132)으로 전류가 공급되고 제1 전류입출라인(131)으로 전류가 나오는 경우이다. 이때, 누설 방지부(130)의 상면 및 하면 중 추력기(110)와 접하는 일면이 흡열면(Cold)이 되고 반대쪽의 타면이 발열면(Hot)이 된다. 따라서, 추력기(110)와 접하는 누설 방지부(130)의 일면을 통해 추력기(110)의 추진제 저장부(111)에 저장된 갈륨 추진제(120)의 열을 흡수하여 반대쪽의 타면을 통해 발열하게 된다.

[0073] 도 6에 도시된 경우는 전기추진 시스템(100)이 작동을 멈추는 경우이며, 액체 상태인 갈륨 추진제(120)의 열을 누설 방지부(130)가 흡수함으로써 갈륨 추진제(120)의 온도를 낮추게 되고, 액화 온도 아래로 온도가 낮아지면 갈륨 추진제(120)는 고체 상태로 변하게 된다. 이때, 누설 방지부(130)의 흡열면이 추력기(110)와 접한 상태에서 갈륨 추진제(120)로부터 열을 빼앗아 오게 되고 흡열면 반대편의 발열면을 통해 열을 누설 방지부(130)의 외부로 방열하게 된다.

[0074] 이와 같이, 누설 방지부(130)가 액체 상태인 갈륨 추진제(120)의 열을 흡수하여 갈륨 추진제(120)의 온도를 낮추면 갈륨 추진제(120)의 상태가 고체로 변하기 때문에 갈륨 추진제(120)가 누설되는 것을 방지할 수 있다.

[0075] 만약, 전기추진 시스템(100)이 작동하지 않는 경우에도 갈륨 추진제(120)가 액체 상태로 있게 되면 추진제 저장부(111)에서 누설될 수 있지만, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 누설 방지부(130)를 이용해서 액체인 갈륨 추진제(120)의 온도를 빨리 낮춤으로써 갈륨 추진제(120)가 액체 상태로 존재하는 시간을 줄이고 누설되는 것도 방지할 수 있다.

[0076] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 인공위성 등을 포함한 우주비행체에 사용되는데, 우주 공간에서는 태양으로부터 발생하는 복사열이 우주비행체에 전달될 수 있다. 그런데, 태양에서 발생하는 복사

열이 우주비행체 또는 인공위성에 전달되면 전기추진 시스템(100)의 갈륨 추진제(120)에도 복사열이 전달될 수 있고, 이렇게 되면 갈륨 추진제(120)의 온도가 올라가서 전기추진 시스템(100)이 작동하지 않는 경우에도 갈륨 추진제(120)가 고체에서 액체로 변할 수 있다.

[0077] 또한, 전기추진 시스템(100)이 탑재된 우주비행체 또는 인공위성에 탑재되어 있는 다양한 내부 부품에서도 열이 발생하게 되는데 이와 같이 발생된 열을 외부의 우주 공간으로 신속하게 배출하지 않으면 갈륨 추진제(120)의 온도에 영향을 줄 수 있고 이로 인해 갈륨 추진제(120)가 액체 상태로 변할 수 있다. 액체 상태로 존재하는 갈륨 추진제(120)는 누설의 위험성이 있다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 누설 방지부(130)가 갈륨 추진제(120)를 냉각시키는 것을 가속하거나 외부 또는 내부의 열이 갈륨 추진제(120)에 전달되는 것을 차단하거나 방지하는 반사부(150)를 더 포함할 수 있다.

[0079] 도 3 내지 도 6을 참조하면, 반사부(150)는 누설 방지부(130)에 접촉하는 상태로 마련될 수 있다. 하지만, 반사부(150)가 누설 방지부(130)에만 접촉하도록 마련되는 것은 아니고 인공위성 또는 우주비행체의 다른 부품과 접촉하도록 마련될 수도 있다. 예를 들면, 도 2에 도시된 큐브위성(10)의 탑재 부품(13,14,15,16)과 접촉하는 상태로 마련될 수도 있다.

[0080] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)의 반사부(150)는 이차면경(second surface mirror)으로 마련될 수 있다.

[0081] 도 5 내지 도 7을 참조하면, 이차면경으로 마련되는 반사부(150)는 미러층(151), 미러층(151)의 일면에 마련되는 코팅층(153) 및 코팅층(153)의 일면에 마련되는 보호층(155)을 포함할 수 있다. 코팅층(153)을 기준으로 미러층(151)과 보호층(155)은 서로 반대쪽에 위치하며, 코팅층(153)에는 은(silver)이 코팅될 수 있다.

[0082] 반사부(150)는 보호층(155)이 누설 방지부(130)와 접촉하도록 마련될 수 있다. 또한, 누설 방지부(130) 외의 다른 탑재 부품들과 보호층(155)이 접촉하도록 반사부(150)가 마련될 수도 있다.

[0083] 반사부(150)는 미러층(151)의 상면과 하면에 각각 반사면이 형성될 수 있다.

[0084] 미러층(151), 코팅층(153) 및 보호층(155)을 구비한 반사부(150)는, 누설 방지부(130)가 갈륨 추진제(120)를 액화 온도 이하로 냉각할 때 어두운 극저온(-273°C)의 우주 공간(S)으로 열방출을 가속하고, 태양 열복사 유입으로 인해 갈륨 추진제(120)의 온도가 상승하는 것을 방지할 수 있다.

[0085] 도 6의 경우 즉, 전기추진 시스템(100)이 작동을 멈추거나 작동하지 않는 경우에는 액체 상태인 갈륨 추진제(120)를 고체 상태로 바꿔야 한다. 이를 위해, 누설 방지부(130)가 액체인 갈륨 추진제(120)의 열을 흡수하여 갈륨 추진제(120)의 온도를 낮춰서 고체 상태가 되게 해야 한다. 이때, 액체 상태인 갈륨 추진제(120)의 온도를 빠르게 액화 온도 아래로 떨어뜨려야 한다. 만약, 갈륨 추진제(120)의 온도가 액화 온도 아래로 떨어지는데 걸리는 시간이 길어지게 되면 액체 상태의 갈륨 추진제(120)가 누설될 가능성이 있다.

[0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은, 액체 상태인 갈륨 추진제(120)의 열을 흡수하는 누설 방지부(130)에서 발생된 열을 누설 방지부(130)의 외면에 마련된 반사부(150)가 전도 및 복사열 전달에 의해 저온의 우주 공간으로 배출할 수 있다.

[0087] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 전기추진 시스템(100)이 작동하지 않을 때, 반사부(150)가 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생된 복사열을 반사함으로써 태양(SUN)의 복사열이 갈륨 추진제(120)로 전달되는 것을 차단하여 고체 갈륨 추진제(120)의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지할 수 있다.

[0088] 또한, 누설 방지부(130)가 액체 상태의 갈륨 추진제(120)로부터 열을 흡수할 때, 반사부(150)가 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생된 열을 반사하여 극저온의 우주 공간으로 배출하기 때문에, 부품들에서 발생한 열이 전도 및 복사열 전달에 의해 갈륨 추진제(120)의 온도에 영향을 주는 것을 방지할 수 있다.

[0089] 뿐만 아니라, 이차면경으로 마련되는 반사부(150)는 인공위성 또는 우주비행체의 외부 방열판으로 기능할 수도 있다.

[0090] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은, 냉각시 극저온의 우주 공간으로 열방출을 가속하고 태양과 인공위성 또는 우주비행체 외부의 탑재 부품들로부터 발생된 복사열의 유입으로 인한 갈륨 추진제(120)의 온도 상승을 방지하기 위해 이차면경(second surface mirror)으로 마련된 반사부(150)가 누설 방지부

(130)의 외부에 부착될 수 있다.

- [0091] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)은 누설 방지부(130) 및 반사부(150)를 구비함으로써 갈륨 추진제(120)가 액체 상태로 누설되는 것을 방지할 수 있다. 이때, 액체 상태인 갈륨 추진제(120)가 누설되는 것을 효과적으로 방지하기 위해서는 전기추진 시스템(100)이 작동하지 않거나 작동을 멈출 때 빠르게 갈륨 추진제(100)를 고체 상태로 만들어야 한다. 또한, 전기추진 시스템(100)이 작동할 때에는 고체 상태인 갈륨 추진제(100)를 빨리 액체 상태로 만들어야 인공위성 또는 우주비행체 등이 정확한 자세를 유지하거나 정확한 궤도에 위치할 수 있다.
- [0092] 이와 같이, 갈륨 추진제(120)가 고체에서 액체로, 액체에서 고체로 변하는데 걸리는 시간을 줄이기 위해서는 갈륨 추진제(120)의 온도 변화를 촉진하는 것이 필요하다. 즉, 추진제 저장부(111)에 저장된 갈륨 추진제(120) 전체에 걸쳐서 온도 변화가 빠르게 일어나게 할 필요가 있다. 이를 위해서, 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)의 추진제 저장부(111)에는 갈륨 추진제(120)의 열전달을 촉진하는 열전달 촉진부재(140)가 마련될 수 있다.
- [0093] 도 3에 도시된 바와 같이, 열전달 촉진부재(140)는 갈륨 추진제(120)와 전체적으로 고르게 혼합되도록 갈륨 추진제(120)에 혼합될 수 있다.
- [0094] 열전달 촉진부재(140)는 갈륨 추진제(120)의 열전달을 촉진하는 기능을 발휘하기 때문에 열전도도가 높은 재질 또는 형상으로 마련되는 것이 바람직하다.
- [0095] 이러한 열전달 촉진부재(140)는 구리와 같은 금속 재질로 형성될 수 있다. 또한, 도 8에 도시된 바와 같이, 열전달 촉진부재(140)는, 와이어 메쉬 부재(141), 핀 부재(145) 또는 허니컴 부재(148) 중 적어도 어느 하나의 형태로 마련될 수 있다.
- [0096] 도 8의 (a)를 참조하면, 열전달 촉진부재(140) 중 와이어 메쉬 부재(141)는 구리 재질의 와이어를 그물 모양으로 엮은 형태이다. 와이어 메쉬 부재(141)는 갈륨 추진제(120)와 닿는 부위 또는 면적을 확장할 수 있기 때문에 와이어 메쉬 부재(141)와 갈륨 추진제(120)의 열전달을 촉진할 수 있다.
- [0097] 도 8의 (b)를 참조하면, 열전달 촉진부재(140) 중 핀 부재(144)는 구리 재질의 판상부재(147)의 일면에 다수개의 핀(pin) 또는 로드(rod) 형태의 기둥부재(146)를 세운 형태이다. 여기서, 판상부재(147)와 기둥부재(146)는 구리 재질로 형성되며, 판상 부재(147)의 표면과 기둥부재(146)의 외면이 갈륨 추진제(120)와 닿기 때문에 열전달 면적이 증가함으로써 핀 부재(145)와 갈륨 추진제(120)의 열전달을 촉진할 수 있다.
- [0098] 도 8의 (c)를 참조하면, 열전달 촉진부재(140) 중 허니컴 부재(148)는 다수개의 육각형 부분(149)을 형성하도록 구리 재질의 얇은 띠모양의 부재를 엮은 형태이다. 허니컴 부재(148)는 육각형 부분(149)으로 인해 갈륨 추진제(120)와 닿는 부위 또는 면적이 확장되기 때문에 허니컴 부재(148)와 갈륨 추진제(120)의 열전달을 촉진할 수 있다.
- [0099] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기추진 시스템(100)에서 기존의 히터 대신에 열전소자를 장착한 전기추진 시스템(100)을 사용할 경우, 갈륨 추진제(120)의 상태를 변화시키는데 얼마의 시간이 걸리는지 시뮬레이션 해 보았고, 그 결과가 도 9에 도시되어 있다.
- [0100] 도 9의 (a) 및 (b)는 고체 상태인 갈륨 추진제(120)를 가열해서 액체 상태로 만드는데 걸리는 시간에 대한 해석 결과이다. 고체 갈륨 추진제(120)를 가열하는 경우에는 최대 82~87초 정도 후에 완전히 녹는다는 것을 확인할 수 있었다.
- [0101] 도 9의 (c) 및 (d)는 액체 상태인 갈륨 추진제(120)를 냉각해서 고체 상태로 만드는데 걸리는 시간에 대한 해석 결과이다. 액체 갈륨 추진제(120)를 냉각하는 경우에는 최대 171~176 초 정도 후에 완전히 고체화된다는 것을 확인할 수 있었다.
- [0102] 도 9의 해석 결과는 본 발명의 완전한 누설 방지부(130), 반사부(150) 및 열전달 촉진부재(140) 없이 열전소자 만으로도 기존에 히터를 사용하여 세슘이나 인듐 추진제를 충분히 가열 또는 냉각할 수 있는 가능성을 제시하고 있다. 본 발명의 완전한 누설 방지부(130), 반사부(150) 및 열전달 촉진부재(140)를 추가할 경우 열전달이 갈륨 추진제로 촉진되므로 가열과 냉각에 소요되는 시간과 전력을 충분히 줄일 수 있다. 또한, 태양이나 다른 인공위성의 부품으로부터 전달되는 복사열을 반사함으로써 고체 갈륨 추진제의 온도가 액화 온도 이상으로 상승하는 것을 방지할 수 있다.

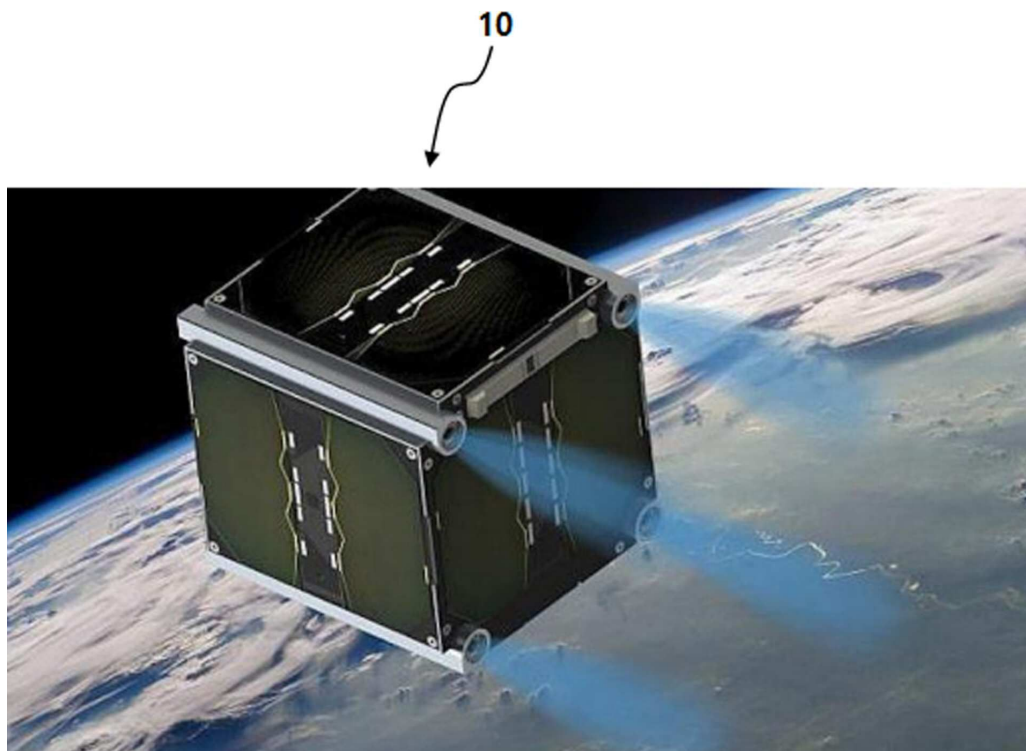
[0104] 이상과 같이 본 발명의 일 실시예에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

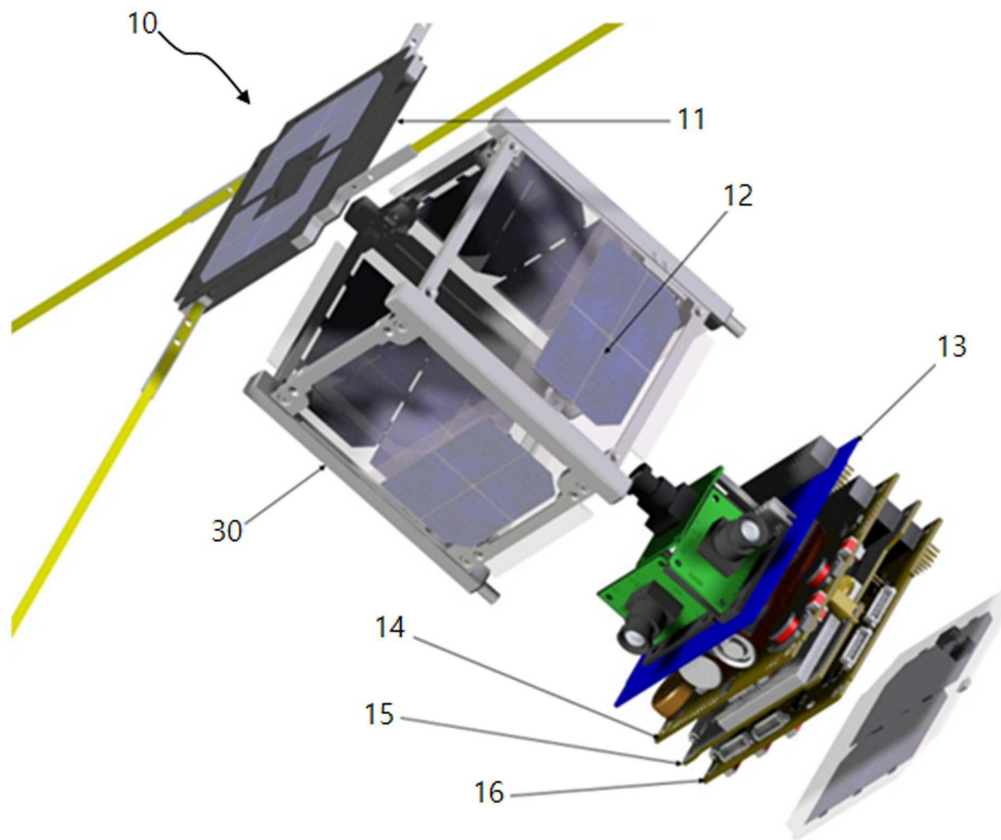
[0106] 100: 액체 금속 갈륨을 추진제로 사용하는 인공위성용 전계방사형 전기추진 시스템
 110: 추력기 111: 추진제 저장부
 113: 방출기 115: 가속부
 117: 중화부 120: 갈륨 추진제
 130: 누설 방부 140: 열전달 촉진부재
 150: 반사부

도면

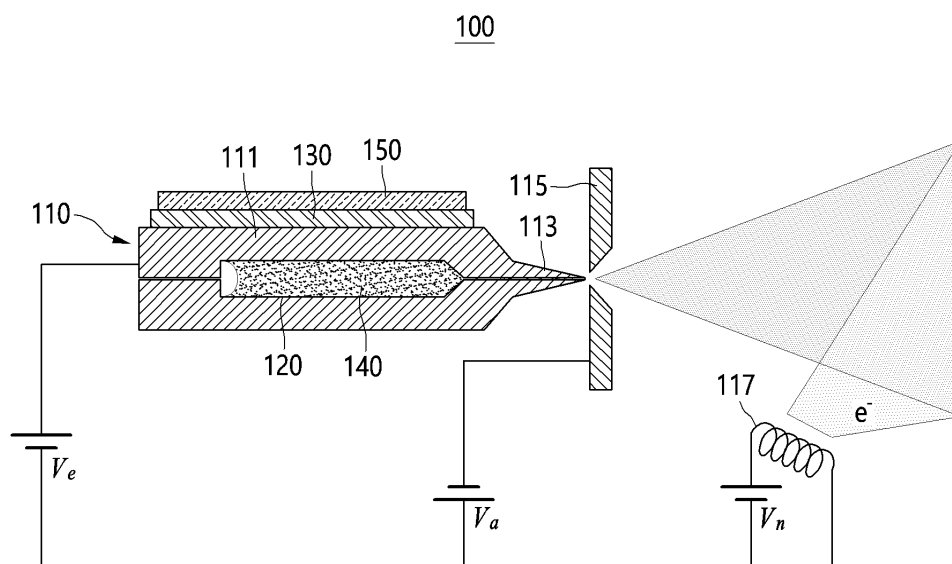
도면1



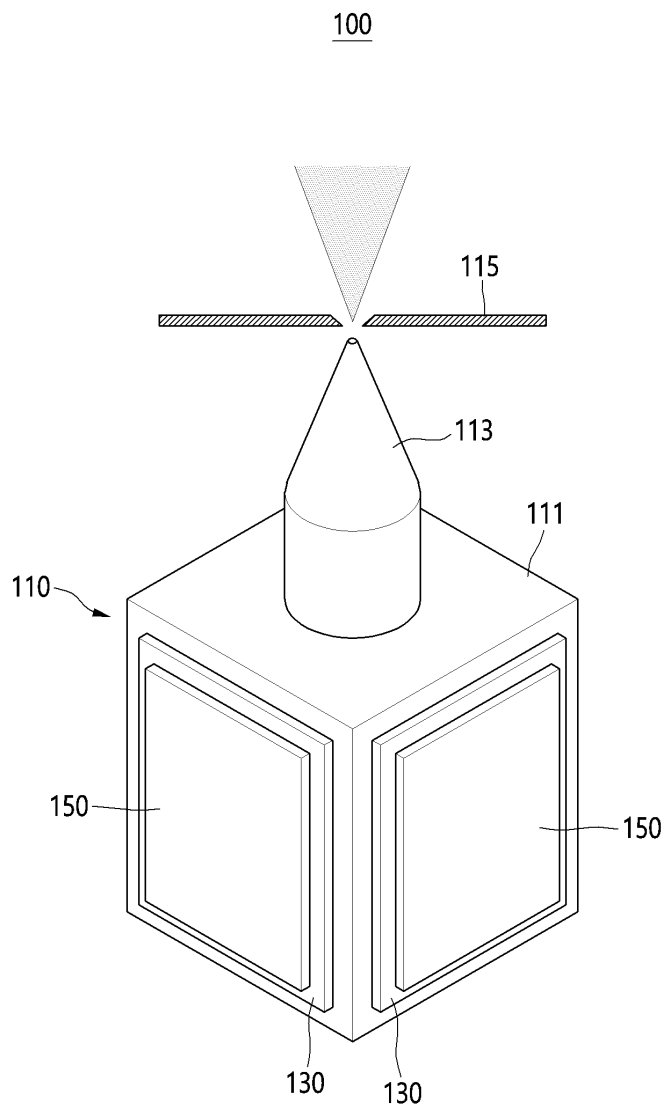
도면2



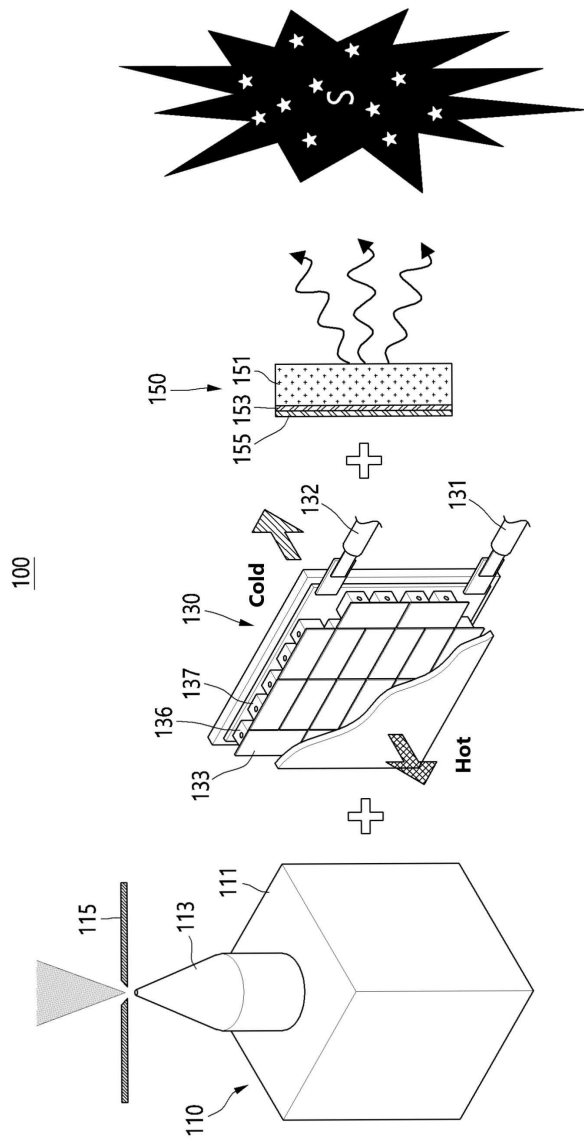
도면3



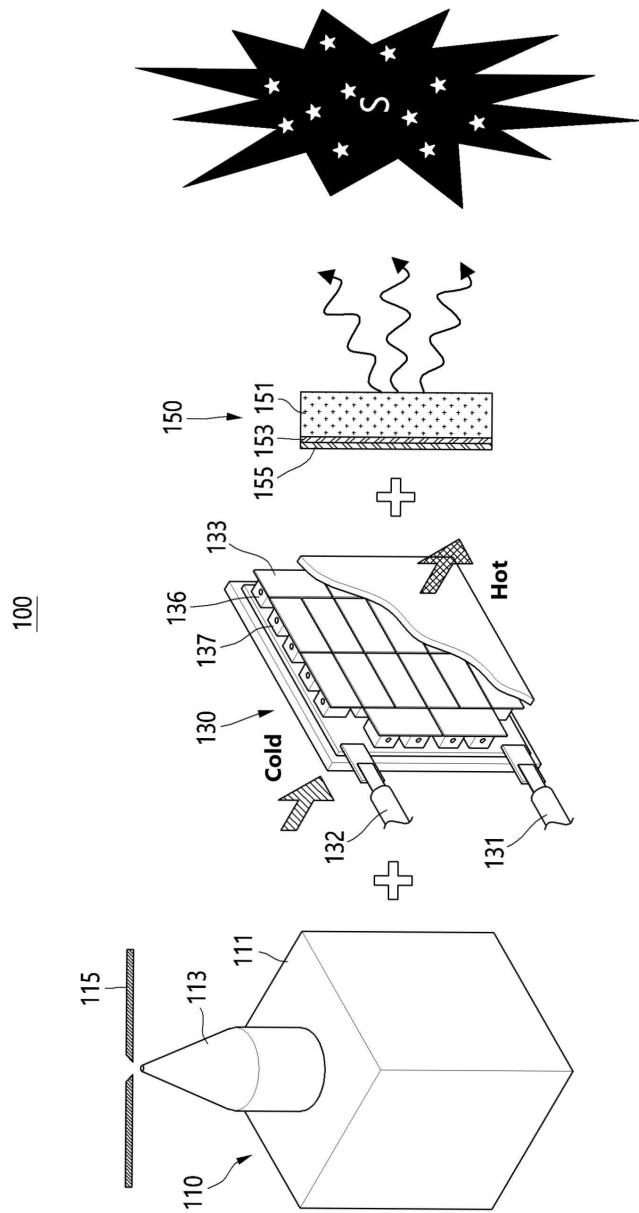
도면4



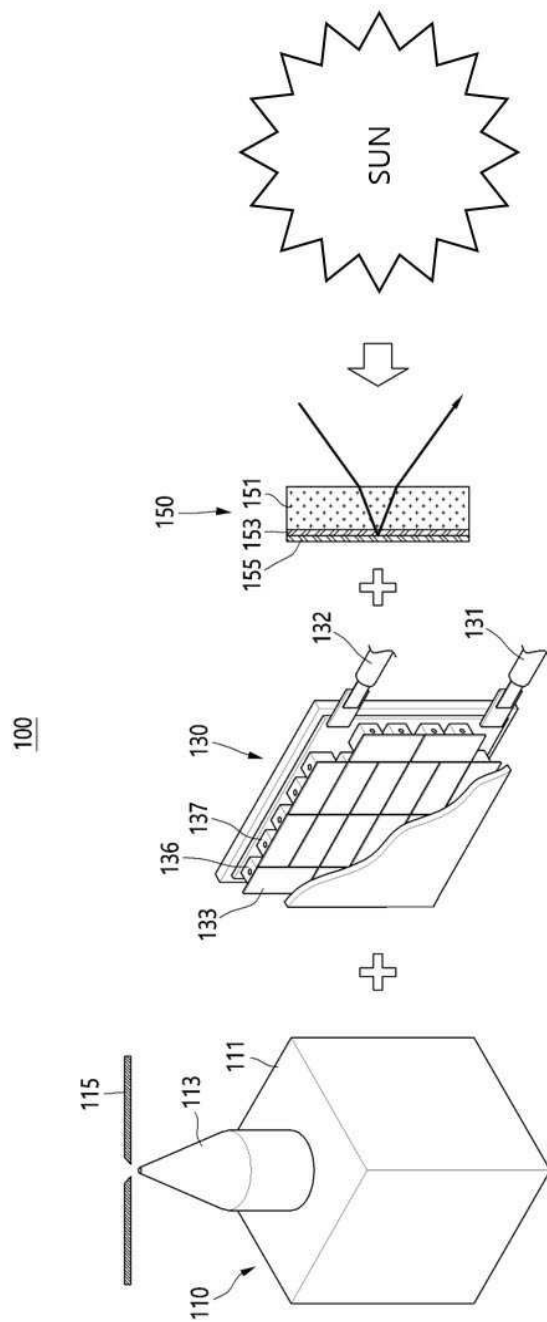
도면5



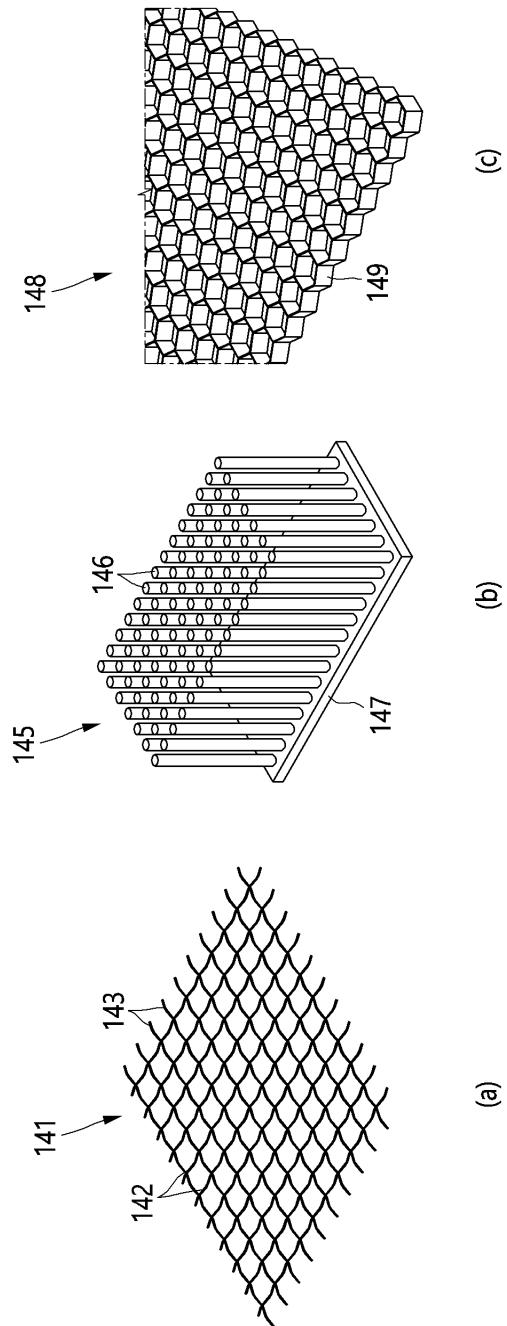
도면6



도면7



도면8



도면9

