

진공 기술을 이용한 지구에서의 우주 연구



인공위성을 우주로 발사하거나 우주 탐사 임무가 시작되기 전에는 수많은 테스트를 거쳐야 합니다. 이러한 테스트는 우주에서 기능이 적절하게 작동할지 여부를 확인해서 이를 보장하기 위해 설계되었으며, 진공 기술을 이용해서 지구에서만 진행할 수 있습니다. 우주 연구는 1960년대부터 유스투스 리비히 기센 대학교에서 진행되었으며 파이퍼 베클름의 진공 장비는 연구 초기부터 이 과정의 일부를 담당했습니다. 오늘날 여러 산업 파트너와 우주 기관은 JLU의 실험 물리학 I 연구소 전무 이사인 피터 J. 클라르(Peter J. Klar) 교수의 연구 그룹에서 우주와 동일한 조건 하에 자신들의 엔진을 테스트하고 있습니다.

이온 추력기: 요술쟁이의 마술 상자에서 구현 기술로 발전하다

업계는 "뉴 스페이스(New Space)" 이전에는 전기 우주 추진 시스템을 엔진가는 과학적 임무에 사용하게 될 요술쟁이의 마술 상자로 간주했습니다. 따라서 이 분야는 대학 연구에 맡겨졌고, 업계는 어느 정도의 재정적인 뒷받침을 해왔습니다. 오늘날 전기 우주 추진 시스템은 순전히 화학적인 추진 시스템과는 완전히 다른 임무를 우주에서 수행할 수 있기 때문에 "게임 체인저"로 받아들여집니다.

실험 물리학 I 연구소(Institute of Experimental Physics I)에는 물질 연구와 우주 물리학에 필요한 대규모 실험 시설이 다수 있습니다. 이러한 시설에는 작동 중에 이온 추력기를 연구할 수 있는 대형 진공실도 포함됩니다. 이것을 우주 시뮬레이션 시설이라고 합니다. 챔버에 진공이 생성되고 추력기가 챔버 내부에서 테스트되고 측정됩니다. 피터 J. 클라르 교수는 다음과 같이 설명합니다. "전통적으로 전기 추진 그룹은 전기 우주 추진 시스템, 특히 기센에 기반을 둔 물리학자인 호르스트 뢰프(Horst Löb) 박사가 발명한 RIT(무선 주파수 이온 추력기) 개발에 집중하고 있습니다.

실험 물리학 I 연구소(Institute of Experimental Physics I)에는 물질 연구와 우주 물리학에 필요한 대규모 실험 시설이 다수 있습니다.

전기 우주 추진 시스템에는 다양한 유형이 있습니다. 1960년대에 뢰프 교수가 개발한 RIT 추력기에는 기체 추진제로부터 플라스마가 접화되는 반구형 방전 챔버가 있습니다. 배출 챔버의 개방된 면은 그리드 시스템에 의해 우주로부터 분리됩니다. 추력기가 작동되는 동안 충전된 추진제 이온은 그리드와 그리드 사이에 가해지는 전기장에 의해 플라스마 바깥으로 가속되어 추력기로부터 멀어지게 되고, 따라서 반동 원리에 따라 추력이 만들어집니다. 우주선이 전하 상태가 되지 못하도록 막으려면 양전하된 이온 플룸을 전자로 중화시켜야 합니다. 초창기에는 수은 증기가 추진제로 사용되었지만 오늘날은 비활성 기체인 크세논이 주로 사용되고 있습니다. 그러나 이 기체는 희귀한 자원이기 때문에 대안을 적극적으로 모색하는 중입니다."

새로운 테스트 시설 개발에 주력합니다

JLU의 전기 추진 그룹은 새로운 표준화된 테스트 절차를 개발하기 위해 노력하고 있습니다. "기술의 상용화로 대학 연구진의 과업도 변화하고 있습니다. 우리는 ISO 9000 인증을 받은 추력기를 대량으로 만들 수 없으며 만들기를 원하지도 않습니다. 이것이 바로 우리가 진공 기술도 도입되는 새로운 테스트 시설 개발에 주력하고 있는 이유입니다."라고 클라르 교수는 말합니다. "우



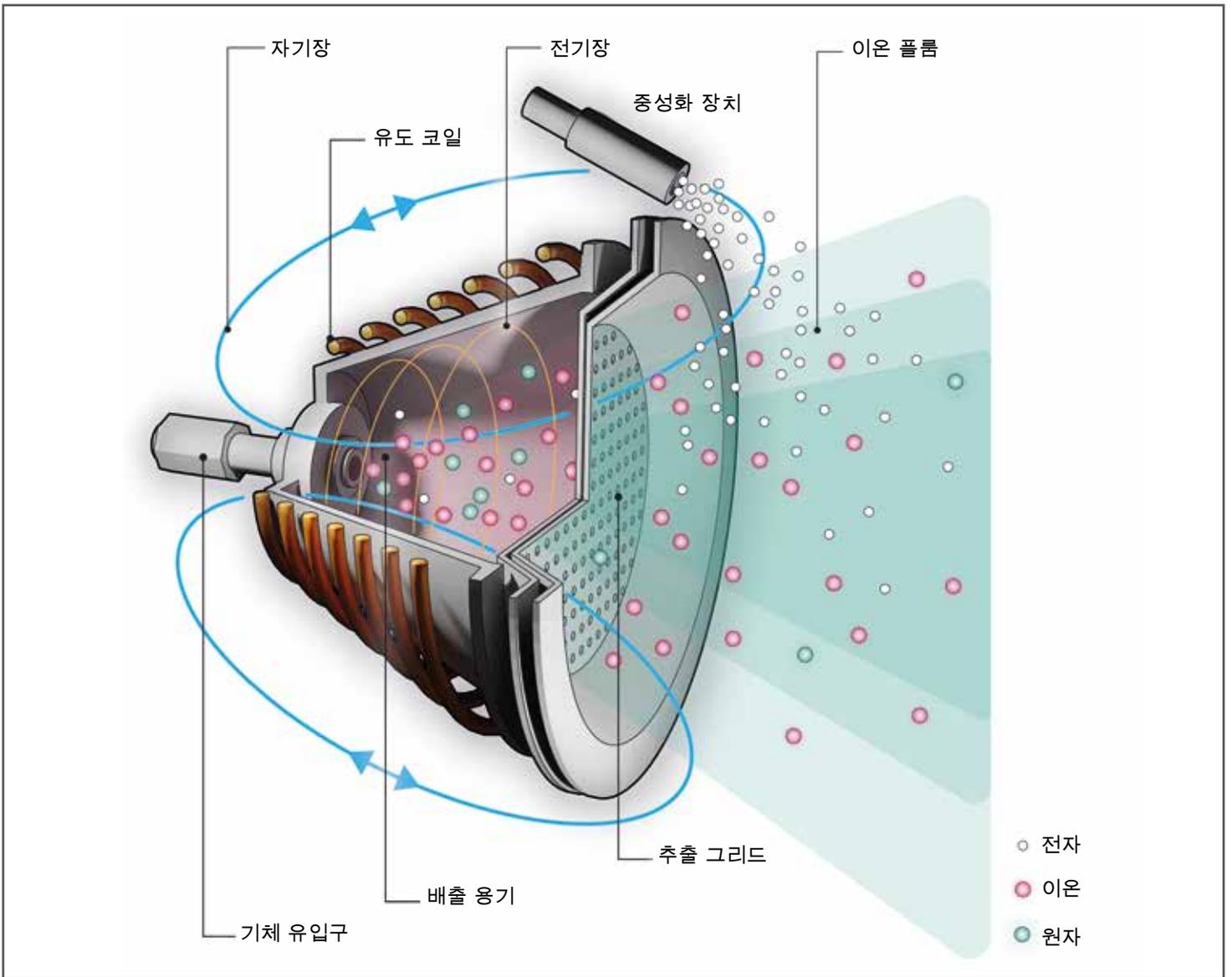


그림 1: 무선 주파수(또는 고주파) 이온 추력기의 기본 원리. 방전 챔버에서 기체 추진제의 저온 플라즈마가 연소됩니다. MHz 범위에서 작동하는 코일의 교류 자기장이 플라즈마 유지에 필요한 에너지 입력을 공급합니다. 플라즈마의 이온은 추출 그리드 시스템을 통해 추출되어 약 1000 eV의 에너지로 가속됩니다. 양전하를 띠는 이온 빔은 중성화 장치의 전자에 의해 중화됩니다. 재료 가공 작업에서 기센 RF 이온 소스는 동일한 원리로 작동합니다.

리는 추력기 진단 성능 향상이나 초소형 인공위성에 사용할 새로운 유형의 소형 추력기를 위한 컨셉트 개발에도 초점을 맞추고 있습니다. 우리는 마이크로 구조 방식과 나노 구조 방식을 사용하여 이러한 추력기를 제작하고 있습니다.”

특히 JLU는 현재 독일에서 유일한 새로운 테스트 장비를 설치해서 전기 우주 추진 시스템의 EMC(전자가 적합성)에 대한 조사를 진행하고 있습니다. 이때 작동 중에 추력기에서 방출되는 전자기 방사선이 다른 전자 장치를 방해하는지 여부를 확인하기 위한 테스트가 수행될 것입니다. 이는 고전압 전력선을 지나서 운전할 때 자동차의 아날로그 라디오 수신 장애가 발생하는 현상과 유사합니다. "이러한 종류의 간섭으로 인해 최악의 경우에는 인공위성 전체가 손실될 수 있으므로 이러한 추력기로 인공위성을 작동하려고 할 때는 이 테스트가 대단히 중요합니다."라고 클라르 교수는 설명합니다. 추력기 작동을 테스트하기 위한 EMC 테스트 장비는 표준 전자 장치에 사용되는 장비와 완전히 다르게 설정해야 합니다. 추력기가 작동하려면 우주와 동일한 조건, 즉 진공 상

태가 필요하므로 진공 탱크 내에서 EMC 측정을 수행하거나 진공 탱크를 돌출시켜 차폐 EMC 측정 캐빈 안으로 넣어야 합니다.

이러한 새로운 시설 외에 JUMBO 테스트 시설이라고 하는 기센의 기존 전기 추진 연구 센터도 여전히 운영 중에 있습니다. 이 시설은 오래 전인 1970년대에 JLU에서 우주에서 사용하기 위한 RIT 테스트를 위해 업계와 협력하도록 JLU에 의뢰되었으며, 세계에서 최초이자 한동안은 가장 규모가 큰 시설 중 하나였습니다. 그 동안 훨씬 더 큰 시설을 포함하여 수많은 시설이 건설되었습니다. JUMBO가 이제는 독일 대학에서 가장 큰 우주 시뮬레이션 시설에 "불과하지만", 지금까지 새로 세워진 많은 시설의 모델 역할을 해왔습니다. "우리는 새로운 EMC 시설을 통해 미래에 이와 유사한 성공을 거두기를 희망합니다. 이러한 시설의 진공 펌프 인프라는 매우 정교해야 합니다. 진공실의 백그라운드 압력이 추력기의 성능 데이터도 결정하므로 빈약한 진공 상태가 아니라 가능한 한 우주에서와 유사한 작동 조건을 만드는 것이 우리의 목표입니다. 왜냐하면 궁극적으로 우리는 추력기가 우주에서 어

떻게 작동하는지 알기를 원하기 때문입니다.”라고 클라르 교수는 덧붙입니다.

JLU의 과학자들은 우주 여행 연구 분야에서 우주에서의 극한의 요구사항에 맞는 새로운 유형의 재료도 연구하고 있습니다. 내방사선성 전자 제품용 GaN 반도체 구조물이 그 예입니다. 방사선 경로는 JLU 및 해당 파트너 기관의 특수 테스트 시설에서도 조사할 수 있는데, 이 시설들에서는 반도체에 대량의 고에너지 감마선이나 입자 방사선이 피폭됩니다. 더 나아가서 RIT와 유사한 RF 이온 소스는 이온 빔 에칭이나 이온 빔 스퍼터 증착을 위한 재료 가공에도 사용됩니다.

진공은 필수입니다

진공 기술은 이 연구에서 중요한 역할을 합니다. 모든 연구 영역에는 고진공 또는 초고진공 상태에서 작동해야 하는 실험 시설이 있습니다. 이것은 우주 연구와 마찬가지로 재료 연구에도 적용됩니다. "HiPace 시리즈와 ATH 시리즈의 터보 펌프와 DuoLine 시리즈의 회전 날개 펌프를 포함해서 거의 전체 파이퍼 베콤 제품군

"우리는 매우 청정한 진공이 필요한 시스템을 보유하고 있는데, 이 시스템의 경우 가능하면 모든 펌프를 운할유 없이 작동해야 합니다."

의 다양한 터보 펌프 시스템이나 배압 펌프 시스템이 여기에 사용되고 있습니다.”라고 클라르 교수는 설명합니다. 자기 베어링과 부식 방지는 중요한 기능입니다. 물론 터보 펌프의 특별히 긴 서비스 수명도 이점입니다. 진공 펌프 자체 외에 우리는 진공 측정기, 파형 호스, 실 및 연결 요소와 같은 다양한 진공 구성 요소도 구매합니다. 이때 상품의 신속한 가용성과 배송은 확실한 이점입니다.”

“그러나 신뢰성을 바탕으로 한 파이퍼 베콤과의 긴밀한 대인 관계는 특히 중요합니다. 다양한 레벨에서 교류가 이루어지고 있습니다. 순전히 과학적인 교류와 과학적 문제에 대한 토론은 즐거울 뿐 아니라 생산적이기도 합니다. 이는 우리가 설계, 구축 및 운영하는 모든 새로운 시스템에는 각기 다른 요구사항이 있고 각기 다른 문제를 드러내기 때문입니다. 예를 들어 우리는 매우 청정한 진

공이 필요한 시스템을 보유하고 있는데, 이 시스템의 경우 가능하면 모든 펌프를 운할유 없이 작동해야 합니다.”라고 클라르 교수는 말합니다. “우리는 요오드와 같은 기체로 작동하는 시스템도 보유하고 있습니다. 요오드는 현재 이온 추력기의 추진제로서 크세논의 대안으로 연구가 진행되고 있습니다. 이 시스템에는 Duo 35 MC 2단계 회전 날개 펌프와 함께 HiPace 1500C가 함께 사용됩니다. 이 두 펌프 모두 부식성 기체에 대한 내성을 갖도록 설계되었으므로 공정 내에서 가능한 가장 긴 서비스 수명이 보장됩니다.”

기센에서 우주 속으로

유스투스 리비히 기센 대학교는 2017년부터 "우주 응용 분야를 위한 물리학 및 기술" 학위 수여 프로그램을 진행하고 있습니다. 이것은 물리학과 전기 공학을 결합한 학제간 학위 프로그램입니다. 이 프로그램은 특히 올드 스페이스에서 뉴 스페이스로의 전환으로 인해 급격하게 변화한 우주 산업의 요구에 맞춰 개설되었습니다. 독일의 경우 기존의 항공 우주 학위 프로그램은 기계 공학 분야에서 주도했습니다. 1960년대 이래로 기센에서 개발되어 온 RIT 기술과 같은 전기 우주 추진 시스템은 현재 급속도로 중요도가 높아지고 있으며, 인공위성에서 이 시스템이 작동하고 통합되려면 물리학과 전기 공학에 대한 철저한 지식이 필요합니다.

2017년부터 유스투스 리비히 기센 대학교는 "우주 응용 분야를 위한 물리학 및 기술" 학위 수여 프로그램을 진행하고 있습니다.

학위 프로그램에서는 전기 우주 추진 시스템을 다루는 것은 물론이고 전체적으로 우주 여행에 대해 전반적으로 광범위하게 소개해 줍니다. 여기에는 임무 계획이나 향후의 임무, 우주선, 다양한 추진 기술, 국제 우주 정거장에서의 실험 등이 포함됩니다. 여기에서 진공 기술은 중요한 역할을 담당합니다. 물리학과 전기 공학에 정통한 기본 지식을 갖춘 졸업생에게는 우주 여행 분야뿐 아니라 우수한 경력의 기회도 주어집니다.

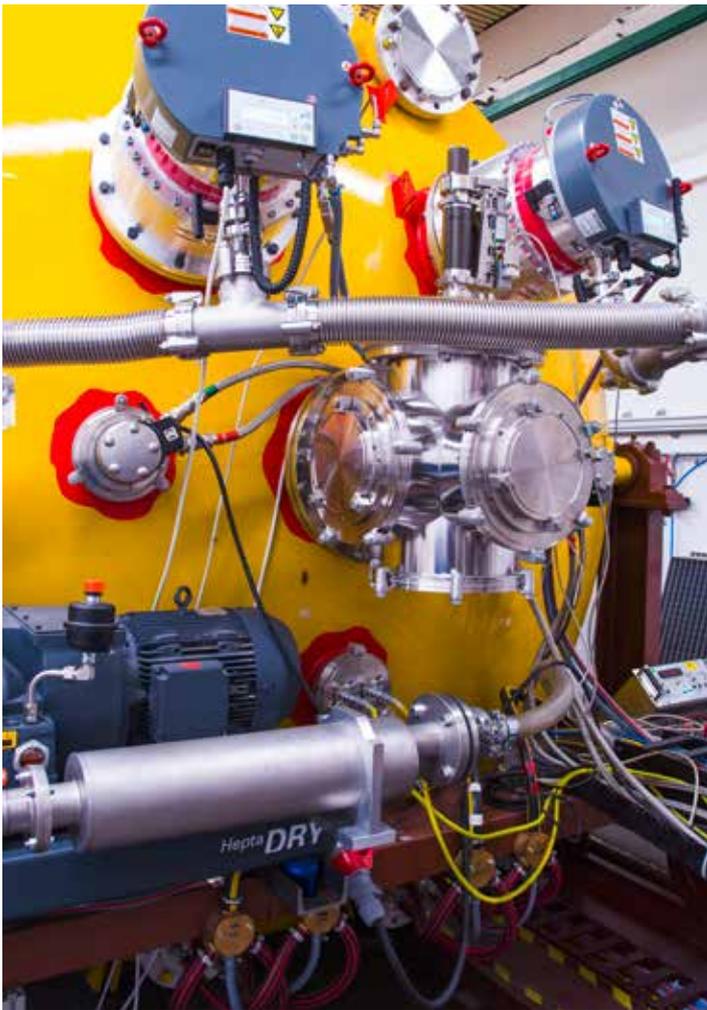


그림 2: 이온 추력기 테스트에서 JUMBO 우주 시뮬레이션 시설의 배압 펌프로 사용되는 Hepta Dry 200 스크류 펌프와 ATH 3204M 터보 펌프 2대, HiPace 2300s 두 대와 Duo 65 배압 펌프 및 극저온 펌프 8대를 결합하면 펌핑 속도가 초당 150,000 리터의 Xe에 달합니다.



그림 3: 이온 빔 스퍼터 증착 방식으로 양면에 기판을 코팅하기 위해 여러 RF 이온 소스를 사용하는 2DIBS 시설. 이 시스템에는 ACP 28 배압 펌프와 ATH3204M 유형의 터보 펌프 2대도 장착되어 있습니다.



하이브리드 베어링 터보 펌프 HiPace 2300



자기부상 터보 펌프 ATH 3204 M



나사 펌프 HeptaDry



진공 챔버



회전 날개 펌프 Duo 65



다단계 루츠 펌프 ACP 15/28

원스톱으로 제공되는 진공 솔루션

파이퍼 베콤은 전세계에 걸쳐 혁신적인 고객 맞춤형 진공 솔루션, 기술적인 완벽성, 역량 있는 조업, 신뢰성 있는 서비스를 제공합니다.

완전한 제품군

간단한 구성품에서 복잡한 구성품까지:
당사는 종합적인 제품 포트폴리오를 제공하는 유일한 진공 기술 공급업체입니다.

이론과 실재를 바탕으로 갖춰진 뛰어난 역량

당사의 노하우와 교육 기회와 포트폴리오에서 얻을 수 있는 이점!
당사는 전세계에 걸쳐 플랜트 레이아웃을 지원하고 최고의 현장 서비스를 제공합니다.

완벽한 진공 솔루션을 찾고 계
십니까 당사로 문의하십시오.

파이퍼베콤 GmbH
본사 · 독일
전화: +49 6441 802-0

www.pfeiffer-vacuum.com



Follow us on social media
#pfeiffervacuum

All data subject to change without prior notice. P10526PKO (May 2021/0)

PFEIFFER  **VACUUM**