

진공환경 위성체의 Outgassing 측정 및 분석

조혁진, 이상훈, 서희준, 문귀원, 최석원
한국항공우주연구원 위성연구부 우주시험연구그룹

위성체가 처하게 되는 우주공간은 고진공과 극고온, 극저온으로 특징지어진다. 위성체의 표면 중 태양을 바라보는 면은 고진공과 고온이 함께 영향을 미치는 부분으로, 상온 상압의 지구 환경에서 발생하지 않는 outgassing 현상이 일어나게 된다. 이 때 outgassing 된 물질들은 광학계나 전자 부품 등의 오염민감표면에 흡착되어 심각한 성능저하를 야기할 수 있기 때문에 진공환경에서의 outgassing 현상에 대한 분석은 매우 중요한 의미를 갖는다.

진공도, 표면의 재질, 가공정도, 표면 온도 및 외부 환경의 온도, 노출 시간 등 Outgassing에 영향을 미치는 요인들은 매우 다양하다. 이에 대한 정확한 이해를 위해 다양한 환경에서의 outgassing rate 및 outgassing 물질의 종류에 대한 분석, 정확한 측정 방법에 대한 연구 등이 수행되고 있다.

일반적으로 outgassing 되는 물질들은 μg 에서 ng 단위의 매우 작은 질량을 갖기 때문에 일반적인 방법으로는 그 양을 측정하기가 쉽지 않다. 따라서 표면에 흡착되는 질량과 비례한 진동주파수를 갖는 crystal을 이용하여, 외부환경과 차단된 기준 crystal의 진동주파수와의 비교를 통해 흡착되는 질량을 측정하게 되는데, 이 장비를 TQCM(Thermoelectric Quartz Crystal Microbalance)이라 한다.

우주환경에서 발생가능한 오염원을 사전에 제거하기 위해서 Bake-Out 시험이 수행된다. 이때 챔버에 설치된 TQCM을 통하여 Outgassing Rate를 측정하고 이를 분석하게 되는데, 시험기간동안 일정하게 유지되는 crystal의 표면온도는 주변환경하에서의 vapor pressure와 함께 흡착되는 물질들의 종류를 결정짓게 되므로 물질의 종류와 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. Crystal의 표면온도는 Peltier 효과를 이용하여 전기적으로 제어하게 되는데, 수차례의 시험결과 $\pm 0.18\text{ }^\circ\text{C}$ 정도의 편차가 발생함을 확인할 수 있었으며, 이로 인해 진동주파수도 비례적 영향을 받음을 알 수 있었다.

과학위성 1호(KAISTSAT-4)의 Bake-Out 시험을 통해 outgassing rate는 시험대상체의 온도 분포 및 균일성과 밀접한 관계가 있음을 확인하였고 그 결과를 도시하였다. 또한 시험 종료후 cold plate에 흡착된 물질을 채취하여 GC-MS(Gas Chromatograph-Mass Spectrometer) 장비를 통해 Triethyl phosphate, Cycloheptasiloxane, dimethyl dihydrobenzo, diphtalat 등의 outgassing 물질을 확인하였다.