

우주 양성자에 의한 우주비행체 열 조절용 3mil ITO KAPTON의 내구성 변화 연구

김대원¹, 이호영¹, 김동일², 허용학², 양태건³, 김계령⁴, 김용협¹

¹기계항공학부, 항공우주신기술연구소, 서울대학교

²환경안전계측센터, 한국표준과학연구원

³가속기개발 및 RI 연구실, 한국원자력의학원

⁴양성자기반공학기술개발사업단, 한국원자력연구소

ITO coated aluminized KAPTON[®]은 인공위성을 포함한 우주비행체의 전자장치 및 탑재장비를 태양 복사에 의한 외부 열로부터 보호하기 위하여 널리 사용되는 열 차단 및 열 조절용 유기재료이다. 본 연구에서는 우주환경에서 ITO KAPTON[®]이 우주방사선으로부터 받는 영향을 실험하였다. 우주환경에서는 다양한 우주방사선이 존재하지만, 그 중 우주비행체에 미치는 영향도가 가장 큰 것으로 알려진 양성자의 효과를 실험하였으며, 이를 위하여 한국원자력의학원내에 설치된 Scanditronix[®] MC-50 사이클로트론을 이용하여 양성자를 조사하였다. 입자 우주방사선의 에너지 스펙트럼을 모사하기 위하여 고 에너지(30MeV)와 저 에너지(10MeV) 대역으로 설정하여 양성자를 조사하였다. 조사된 ITO KAPTON[®] 시편은 완전히 파단 될 때까지 응력을 측정함으로써 기계적 물성을 분석하였고, 조사시간에 따라 변화되는 파단응력을 기준으로 내구성 변화를 파악하였다. 실험결과, 저 에너지의 양성자를 조사한 시편의 파단응력보다 고 에너지의 양성자로 조사한 시편의 파단응력이 낮게 나타났다. 이 결과는 일반적으로 알려진 핵물리학적 측면에서의 양성자 충돌에 의한 에너지전달 이론과는 상반되는 현상이지만, 재료의 결정학적인 측면에서 보면, 유기재료의 고분자결정의 특성으로 설명될 수 있다. 고분자는 여러 형태의 분자 고리가 연결된 다중중합체이기 때문에 양성자 가속충돌에 의한 에너지 전달 크기에 따라 결정연결이 분리(scission)되더라도 가교반응(cross-linking)에 의하여 더욱 강한 연결이 동시에 이루어지면서, 전체적인 결정성장이 증가되는 현상이 발생하게 된다. 본 연구결과를 바탕으로 고 에너지와 저 에너지대역에서의 열 조절용 유기재료의 결정이 변화하는 과정을 확인하였고, 유기재료의 내구성 변화를 금속재료와 비교하였다. 일정기간 동안 입자 우주환경에 노출된 유기재료는 최종단계에서는 내구성이 감소하지만, 일정단계까지는 금속재료의 특성과는 달리 증가함을 확인하였고, 이는 우주비행체의 설계과정에서 감안할만한 중요한 결과로 사료된다.