

宇宙材料環境工学 — 極限環境への挑戦 —

神戸大学大学院工学研究科 機械工学専攻 宇宙材料研究グループ★
准教授 田川雅人、助手 横田久美子

宇宙用材料や衛星システムは宇宙環境というきわめて厳しい特殊環境中で長期間にわたりその機能を発揮しなければなりません。宇宙環境は衛星軌道により大きく異なりますが、材料やシステムに影響を与える要因としては、微小重力、真空、温度、紫外線、放射線、デブリ、プラズマ環境、中性ガス環境などが挙げられます。

ハッブル宇宙望遠鏡や宇宙ステーションなどの特殊な例を除いて、宇宙システムは一旦打ち上げられると一切のメンテナンスができないため、システムや材料が予定軌道の宇宙環境に十分な耐性を有するかどうかは打ち上げ以前に十分な検証が必要となります。打ち上げ前の評価・対策が不十分であると、実用システムであっても、想定外の事態に陥る場合があります。Fig.1に示したのは2001年に撮影された宇宙ステーションP6トラスの太陽電池パネルの写真です。展開後1年で太陽電池パネル端部のポリイミドが破断していることがわかります。これは原子状酸素によるエロージョンによるものですが、打ち上げ前にも予想されていたため、その対策としてAlが両面コーティングされていました。しかしコーティングが不十分であったため、短期間で破断に至った事例です。Fig.2はハッブル宇宙望遠鏡の鏡筒を覆うテフロンFEPです。打ち上げ後6年で大きな破断が確認されています。サービスミッションで破断部の補修が行われましたが、その3年後にも同一箇所付近での破断が確認され、FEPの耐宇宙環境性の問題が浮き彫りになっています。本事象はサービスミッションで回収されたサンプルの試験が行われ、その結果、軌道上での6年の曝露により太陽指向面ではFEPの破断伸びが200%から0%に急減することが確認されています。この原因は太陽からの真空紫外線あるいは太陽フレアによる放射線・イオンによるものと考えられています。その他にもFig.3に示すような宇宙ステーションにおけるシャトルドッキング用レトロリフレクターのコーティング剥離なども観察されており、打ち上げ前の耐宇宙環境性試験が現在のレベルでは必ずしも満足できるレベルではないことが示されています。これらの問題は、個々の宇宙環境要因が単独あるいは複合的に作用して生じたものであり、これをどのように事前に評価するかが、宇宙工学上の問題となっています。

本研究グループでは、材料やシステムに影響を与える宇宙環境要因のうち、低地球軌道における原子状酸素の影響評価を中心とした基礎ならびに応用研究を行っています。地上試験ならびに宇宙実験を通じた素反応過程解明のための基礎実験に加え、プロジェクト支援として太陽観測衛星「ひので」や大気観測衛星「CASSIOPE」、ISS地文台「JEM-EUSO」などへの協力を行っています。宇宙航空研究開発機構(JAXA)とは共同研究体制を構築しており、宇宙ステーション利用材料曝露試験(SM-SEED, JEM-SEED)をはじめ、2013年打ち上げの超低高度技術試験機での軌道上材料実験など、今後の宇宙インフラの変遷をも見据え、日本の宇宙開発動向に即した貢献を行っています。

宇宙機を取り巻く宇宙環境は、新しいミッションとともに複雑化しています。宇宙材料環境工学は人類のフロンティアとしての宇宙開発／宇宙利用を支える基盤技術の1つです。宇宙大航海時代を迎えつつある現在、益々重要性の増している宇宙工学分野です。(Photos: Courtesy by Kim K. deGroh, NASA-GRC)

International Space Station

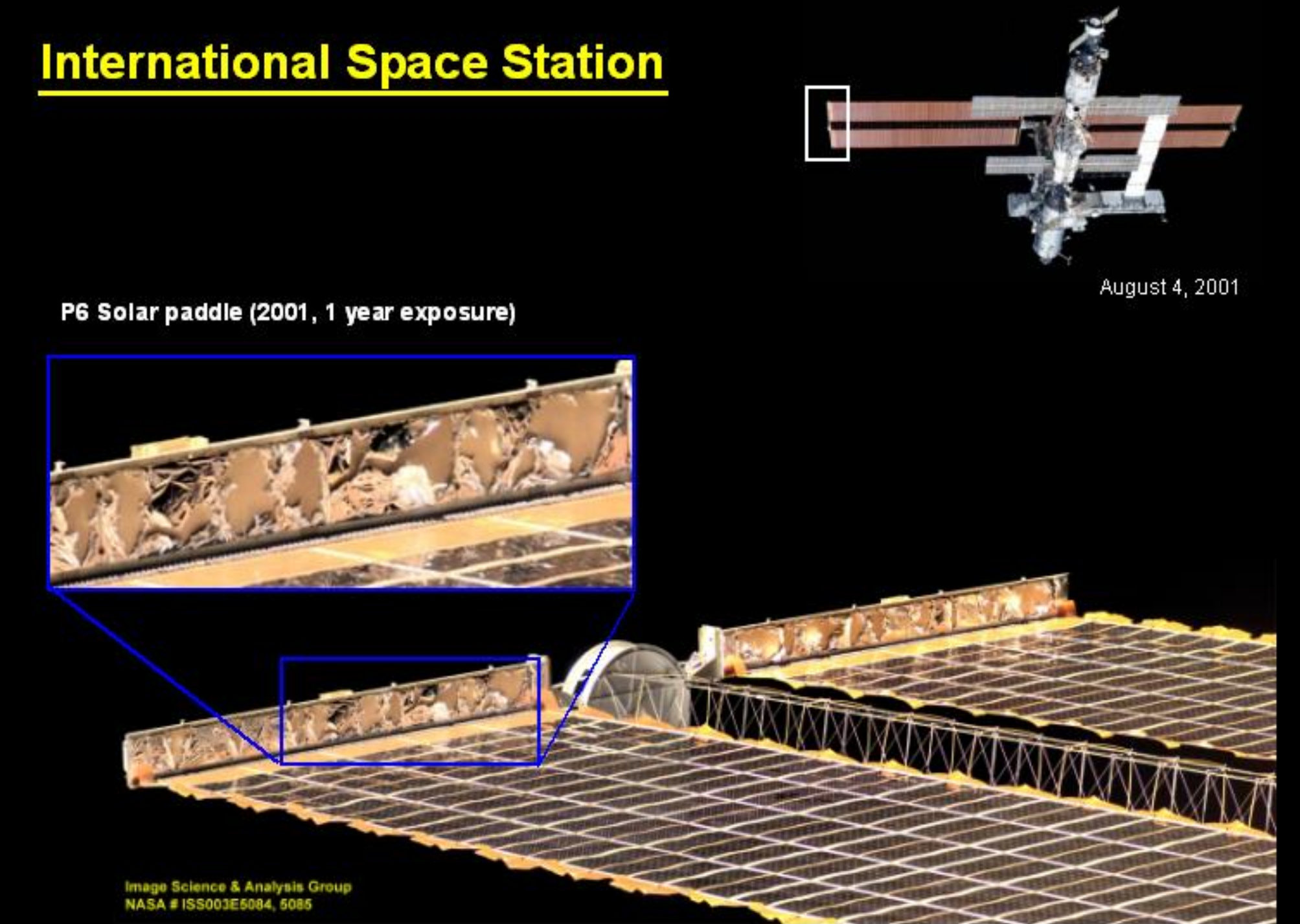


Fig.1 Erosion of Kapton-H blanket on the P6 solar paddle of ISS in 2001. Photo by NASA.

Hubble Space Telescope (HST) Teflon FEP Damage

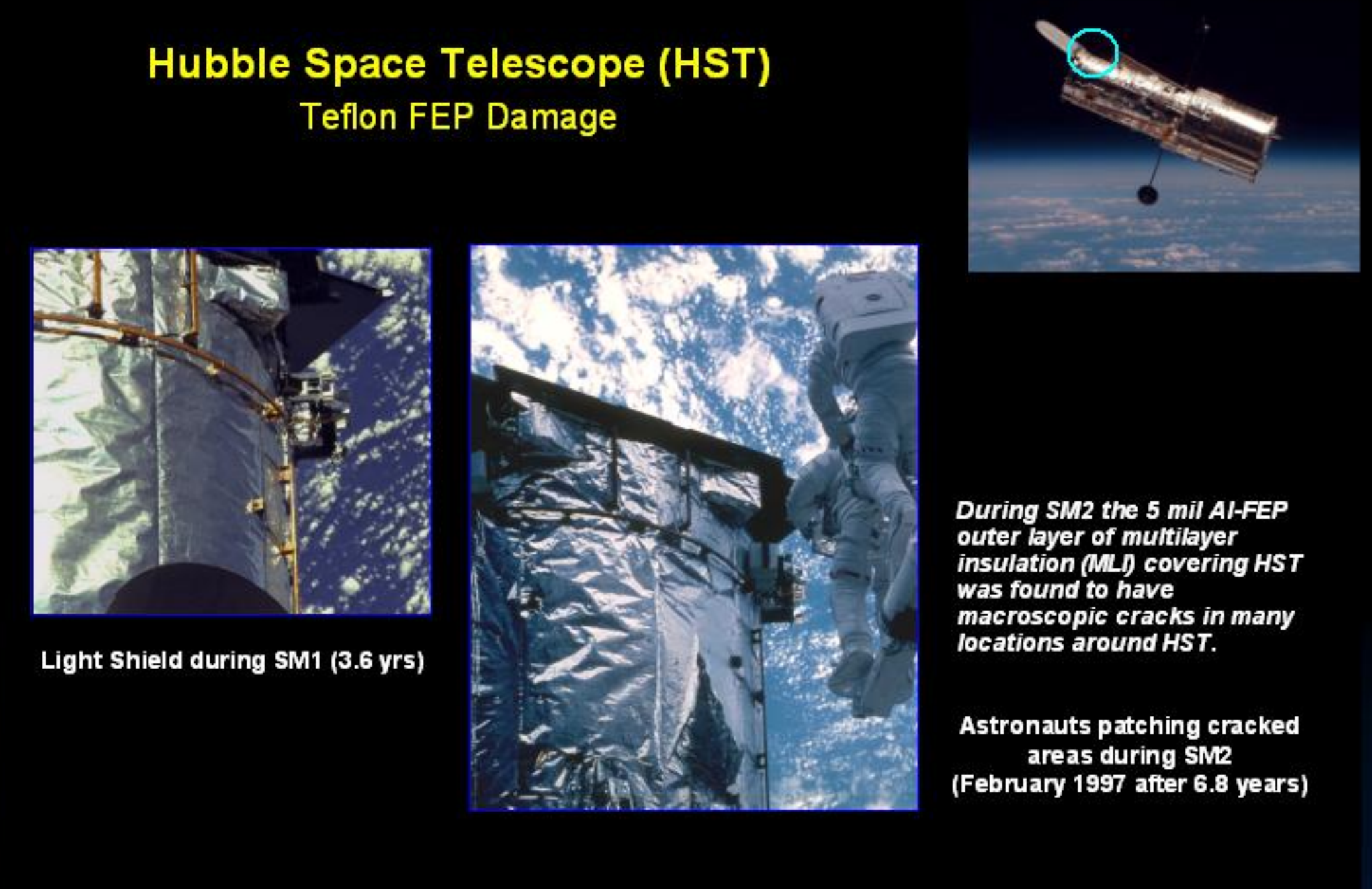


Fig.2 Breakage of Teflon FEP MLI at the solar facing surface of Hubble Space telescope. Photo by NASA.

Atomic Oxygen Undercutting of ISS Retroreflectors

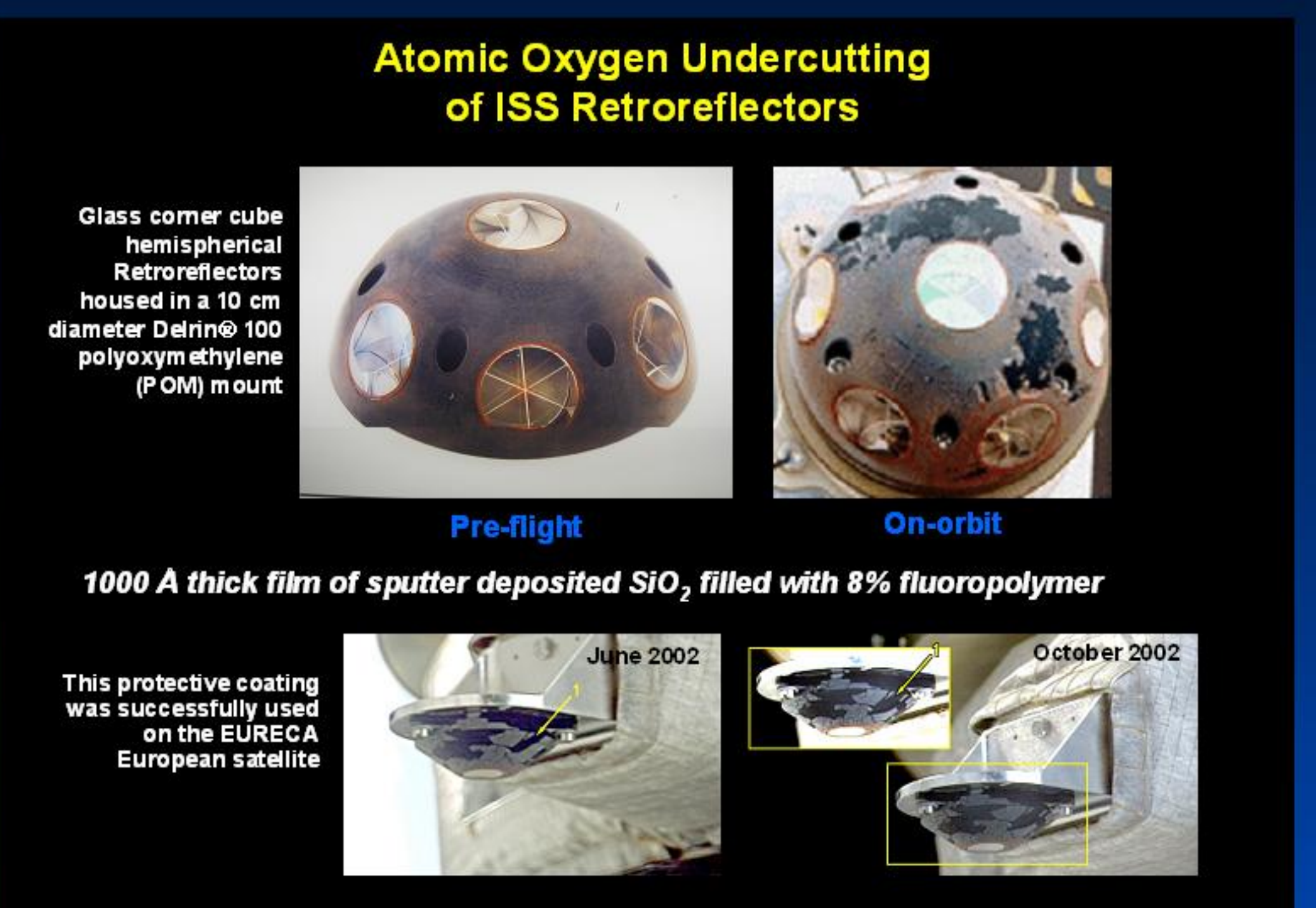


Fig.3 Erosion of retroreflector on ISS. Photo by NASA.

