

Il laboratorio “Eccimeri” per test sui materiali spaziali

Il laboratorio “Eccimeri” del Centro di Ricerche ENEA di Frascati ha sviluppato sin dal 1980 competenze nella realizzazione, sviluppo e caratterizzazione di sorgenti di radiazione ultravioletta (UV) e nell'estremo ultravioletto, sia coerenti (Laser) sia non coerenti. In quest'ambito, di recente è stato progettato e realizzato un apparato di irraggiamento UV, già sperimentato con successo per test di resistenza alle radiazioni solari fuori dall'atmosfera terrestre su materiali da usare anche in applicazioni spaziali.

DOI 10.12910/EAI2021-090

di Paolo Di Lazzaro, Daniele Murra, Luca Mezi, Sarah Bollanti e Francesco Flora - *Laboratorio sorgenti diagnostiche e interazioni laser materia*

Nel Centro ENEA di Frascati il laboratorio “Eccimeri” ha sviluppato sin dal 1980 competenze nella realizzazione, sviluppo e caratterizzazione di sorgenti di radiazione ultravioletta (UV) e nell'estremo ultravioletto (EUV), sia coerenti (Laser) sia non coerenti [1]. Tali sorgenti di radiazione sono state utilizzate in molti campi, dalla realizzazione di transistori a film sottile alla sverniciatura controllata di graffiti su materiali metallici, plastiche e pietre, dalla modifica delle proprietà chimiche della superficie di materiali elettronici e tessuti alla micro-litografia EUV di ultima generazione, dalla sanificazione di superfici alla scrittura invisibile su film sottili dielettrici per anticounterfeiting. Recentemente, il laboratorio Eccimeri ha progettato e realizzato un apparato di irraggiamento UV per test di resistenza di materiali da usare in applicazioni spaziali, mostrato nella figura 1.

La sorgente di radiazione UV è co-

stituita da una lampada a vapori di mercurio a media pressione alimentata da una scarica elettrica da 500 W. Il “cuore” della lampada consiste in un bulbo cilindrico posto nel fuoco di un riflettore parabolico di

alluminio e in una sottile finestra di quarzo a protezione del bulbo. Le prestazioni della lampada sono state caratterizzate in termini di spettro di emissione e distribuzione spaziale dell'intensità UV al variare della di-

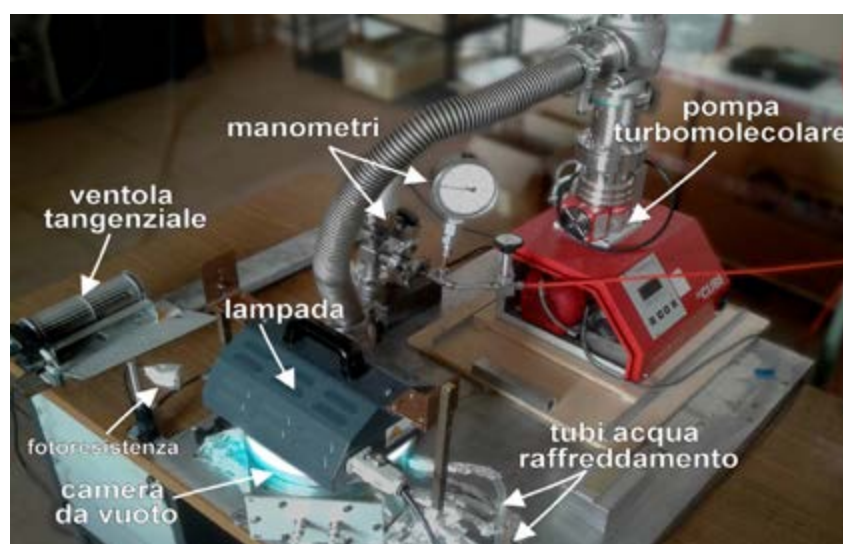


Fig. 1 Apparato di irraggiamento UV per test di resistenza di materiali per lo Spazio

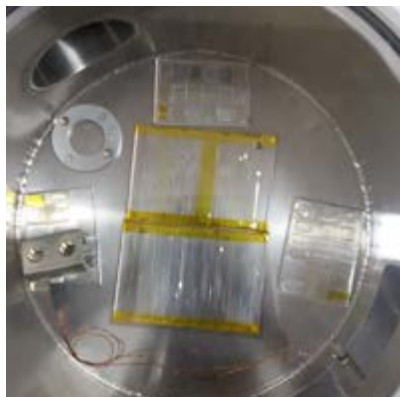


Fig. 2 Pellicole di diversi materiali per rivestimento OSR posizionate nella camera da vuoto prima di iniziare l'irraggiamento UV in atmosfera controllata

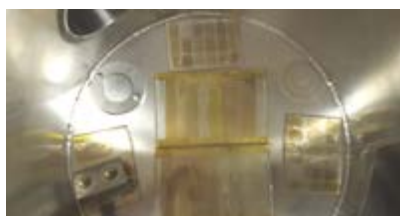


Fig. 3 Le stesse pellicole della figura 2 al termine delle 300 esh di irraggiamento UV in atmosfera controllata

stanza dal bulbo. La lampada è raffreddata da una ventola tangenziale esterna ed è posizionata sopra una camera cilindrica da vuoto, di diametro 18 cm e profondità 12 cm, avente una camicia esterna raffreddata ad acqua. La camera da vuoto è chiusa da una finestra di quarzo che consente una trasmissione del 90% della radiazione UV. I campioni da irraggiare sono posti nella camera che può essere riempita di gas inerte allo scopo di evitare l'ossidazione dei campioni e di trasferire il calore all'intera superficie delle pareti della camera, in modo da limitare a 40 °C la temperatura massima dei campioni, anche per irraggiamenti di lunga durata. La pressione nella camera, l'emissione nell'UV e nel visibile e la temperatura dei campioni sono costantemente monitorati 24/24, 7/7 da un sistema di controllo e acquisizione dati gestito da un *data-*

logger dedicato, basato su una scheda Arduino. Il sistema di acquisizione dati è monitorato e gestito da remoto durante l'intera durata dell'irraggiamento.

I progetti Nano Hybrid Transparent Materials e FIRST-FLEX

L'apparato è in grado di irraggiare i campioni in continua, con controllo in tempo reale della dose rilasciata (energia per unità di superficie) e delle sue eventuali variazioni nel periodo di irraggiamento. Il sistema è stato provato fino a 42 giorni consecutivi, 24/24.

Dalle misure effettuate, il fattore di aumento dell'irradianza emessa dal nostro apparato di irraggiamento nella finestra spettrale UV (200 – 400 nm), rispetto al naturale irraggiamento solare fuori dall'atmosfera terrestre, è pari a 5X, corrispondente a 60 mW/cm². I test di resistenza alla radiazione UV sono stati effettuati in atmosfera inerte nell'ambito dei seguenti progetti:

- **progetto Nano Hybrid Transparent Materials** [2], che si propone di realizzare materiali poliimmide nano-ibridi trasparenti (cioè a bassa assorbanza di luce solare) adatti all'uso come substrati per i Second Surface Mirrors nei telescopi spaziali [3]. I test di resistenza dei materiali sono stati effettuati irrag-

giando una dose complessiva UV pari a 3.000 ore solari equivalenti (equivalent sun hours, esh);

- **progetto FIRST-FLEX** mirante a sviluppare un nuovo tipo di riflettori solari ottici, gli Optical Sun Reflectors (OSR). Si tratta di elementi termici passivi che svolgono un ruolo cruciale nella progettazione termica di un veicolo spaziale. Gli OSR sono infatti usati per migliorare la capacità di smaltimento del calore dei radiatori esterni e per ridurre l'assorbimento del flusso solare. In questo ambito, il nostro apparato è stato usato per irradiare un nuovo tipo di rivestimento inorganico depositato sulla superficie flessibile (metallica o polimerica) degli OSR con radiazioni UV con una dose complessiva pari a 300 esh [4] secondo gli standard ECSS / ESA pertinenti [5, 6].

A titolo di esempio, nelle figure 2 e 3 mostriamo alcuni rivestimenti candidati per gli OSR prima e dopo l'irraggiamento.

In altro ambito, allo scopo di rilevare gli effetti sinergici tra UV e ossigeno atmosferico nel processo di degradazione dei materiali, abbiamo irraggiato alcuni campioni in aria, senza la camera da vuoto, come mostrato nella figura 4.

È allo studio un perfezionamento del sistema che prevede di sostituire la

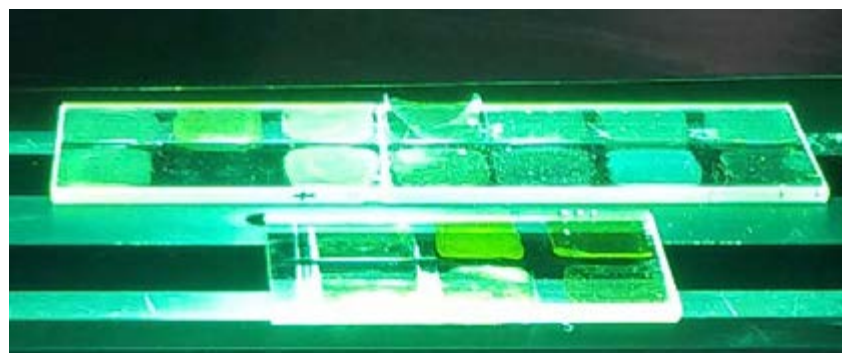


Fig. 4 Pellicole di poliimmide depositate su quarzo fotografate alla ventesima ora di irraggiamento UV in aria (dose corrispondente a 100 esh)

lampada a mercurio con una matrice di LED UV in modo da riprodurre più fedelmente lo spettro solare nel range spettrale 200 nm – 400 nm, e limitare gli effetti termici per consentire irraggiamenti in vuoto, oltre che in atmosfera controllata. Riassumendo, l'impianto di irraggia-

mento UV sviluppato presso il laboratorio Eccimeri del Centro ENEA di Frascati può sperimentare su qualsiasi materiale e in condizioni controllate gli effetti dell'irraggiamento UV che il sole rilascia, fuori dall'atmosfera terrestre, in un periodo di tempo cinque volte maggiore rispetto al test.

L'impianto è già stato sperimentato con successo su vari campioni, ed abbiamo in programma un upgrading per riprodurre ancora più fedelmente lo spettro solare nell'intervallo spettrale 200 nm – 400 nm.

Per info: paolo.dilazzaro@enea.it

BIBLIOGRAFIA

1. P. Di Lazzaro, R. De Angelis, G.P. Gallerano, A. Doria: "Tutti i 'colori' dell'ENEA" Energia, Ambiente e Innovazione, n. 6, pagg. 38-54 (2015). DOI: 10.12910/EAI2015-092 <http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-eai/n-6-novembre-dicembre-2015/tutti-i-colori-enea.pdf>
2. P. Di Lazzaro, D. Murra, S. Bollanti, F. Flora, L. Mezi, T. Kaplanoğlu, B. Alpat: "Test di substrati per telescopi spaziali: irraggiamenti nell'ultravioletto di film poliimmide in aria, vuoto e atmosfera controllata" RT/2017/9/ENEA (2017). <https://iris.enea.it/retrieve/handle/10840/8534/526/RT-2017-09-ENEA.pdf>
3. V. Liedtke, L. Bača, N. Stelzer, J. Eck, D. Lavielle, T. Rohr: "Development of nano-hybrid transparent polymer film" Proceedings of the 13th International Symposium on Materials in the Space Environment (At Pau, France, 2015)
4. B. Alpat, M. Gulgun, G. Çorapcioglu, M. Yildizhan, P. Di Lazzaro, D. Murra, et al.: "Testing of substrates for flexible optical solar reflectors: irradiations of nano-hybrid coatings of polyimide films with 20 keV electrons and with 200-400 nm ultraviolet radiation" Journal of Instrumentation, vol. 14, T06003 (2019). DOI <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-0221/14/06/T06003/pdf>
5. Vedi le regole standard in ECSS-Q-ST-70-06C – Particle and UV radiation testing for space materials, available at <http://ecss.nl/standard/ecss-q-st-70-06c-particle-and-uv-radiation-testing-for-space-materials/>
6. Vedi le regole standard in ECSS-E-ST-20-06C – Spacecraft charging available at <https://ecss.nl/standard/ecss-e-st-20-06c-rev-1-spacecraft-charging-15-may-2019/>