

Metodologia per qualifica di provini in ambiente spaziale

Caratterizzazione dell'atmosfera nella camera da vuoto del Simulatore Spaziale con RGA e PMP

Come fase iniziale è stata caratterizzata l'atmosfera della camera da vuoto con il cannone ionico spento utilizzando sia uno spettrometro RGA (residual gas analyzer) che un PMP (plasma multiband process).

La camera del Simulatore Spaziale è stata progettata con un sistema da vuoto comprendente una pompa turbo molecolare e una pompa criogenica. (P camera = 10^{-7} mbar). La presenza di una pompa criogenica permette di ridurre i tempi di pompaggio eliminando gran parte del vapore d'acqua presente nella camera da vuoto in modo da riprodurre in camera una atmosfera di composizione simile a quella delle orbite VLEO (Very Low Earth Orbit, orbita terrestre molto bassa, situata a un'altitudine fra i 100 e i 450 km).

Successivamente è stata invece analizzata l'atmosfera che si crea nella camera da vuoto durante un processo con plasma utilizzando diversi gas (Ar, O₂, mix N₂/O₂) e generato dal cannone ionico Mark II.

Sistema di controllo della composizione dell'atmosfera nella camera con RGA

Attraverso una flangia ISO-CF40 posta sulla parte superiore della camera del Simulatore Spaziale è collegato uno Spettrometro a quadrupolo PRISMAPRO della Pfeiffer al fine di monitorare gli elementi gassosi presenti nella atmosfera della camera da vuoto durante il funzionamento del cannone ionico.

Gli ioni presenti in uno spettro possono provenire da gas monoatomico, gas biatomico e da gas molecolare. L'intensità del picco ad una data massa può essere data dalla sovrapposizione del segnale proveniente da ioni di elementi diversi, ma aventi massa uguale, ioni con ionizzazione multipla o provenienti da frammentazione di molecole, non distinguibili a causa del limite di risoluzione di massa proprio dello spettrometro.

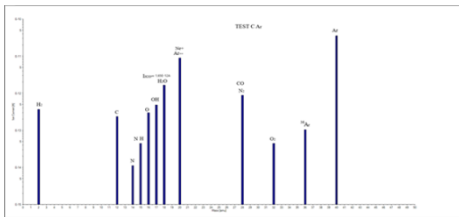


Fig.1 Spettro di gas residuo durante i Test con gas Ar.

Il limite inferiore in pressione pari a $5 \cdot 10^{-11}$ Pa e il limite superiore pari a $5 \cdot 10^{-2}$ Pa, il range di massa di 300 amu e una risoluzione al 10 % del picco di 0,5-2,5 amu lo rendono adatto alla campagna sperimentale impostata. Nella fig. 1 è riportato uno spettro del gas residuo acquisito durante il trattamento dei provini con plasma di gas Ar. Sono evidenti i picchi caratteristici 40Ar,36Ar con intensità nel rapporto isotopico.

Monitoraggio delle emissioni ottiche del plasma

Il Multiband plasma-process monitor C10346-01 HAMAMATSU, è un sistema specificamente progettato per il monitoraggio delle emissioni ottiche del plasma che si creano durante vari processi, tra cui i processi di sputtering nel quale una un gas viene ionizzato all'interno di una camera che si trova in un atmosfera intorno a 10^{-5} mbar, con lo scopo finale di creare un film sottile.

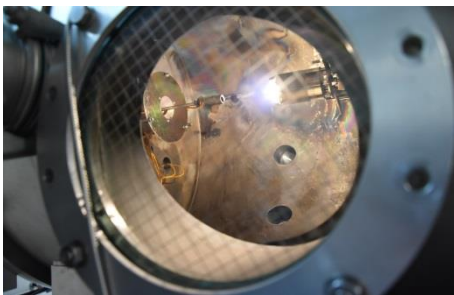


Fig.2 Bagliore del plasma argon durante un processo

La produzione di plasma può avvenire attraverso scariche elettriche in un gas a bassa pressione, mediante intensi fasci di elettroni (generati per esempio da un filamento di tungsteno) che passano attraverso un gas che viene immesso in una camera da vuoto ad una certa pressione. Il plasma quindi è un gas ionizzato, costituito da un insieme di elettroni e ioni e globalmente neutro (la cui carica elettrica totale è cioè nulla) nel quale si verificano una serie di processi collisionali che tendono a generare una grande varietà di specie diverse: ioni, radicali e specie eccitate.

Queste ultime in particolare sono specie neutre che presentano configurazioni elettroniche di non-equilibrio e possiedono un contenuto energetico superiore rispetto alle corrispondenti specie neutre. Trovandosi in una condizione di non-equilibrio, queste specie cercheranno di riportarsi in una condizione di stabilità cedendo l'energia in eccesso sotto forma di fotoni.

Tali fotoni possono essere raccolti tramite una fibra ottica e analizzati nel Multiband plasma-process monitor C10346-01 per avere informazioni sulle specie presenti all'interno della camera da vuoto, come nell'esempio di figura 3 nel quale viene analizzato il plasma di argon prodotto dal cannone ionico MARK II all'interno del Simulatore Spaziale.

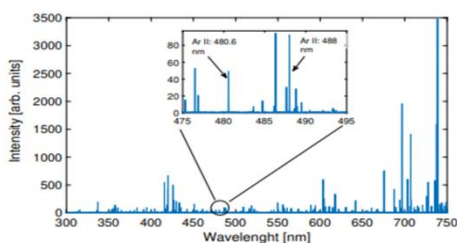


Fig. 3 Spettro PMP con gas argon

Trattamento di provini di Al rivestiti con film sottile e sottoposti a cicli termici secondo la norma ECSS-Q-ST-70-04C

Dopo i test preliminari sull'atmosfera della camera da vuoto, sono stati effettuati 2 trattamenti, uno con il cannone ionico alimentato con gas O₂ e l'altro con il gas miscela composta da 56 % di N₂ e 44% O₂, secondo i parametri di corrente e tensione di riportati in Tabella I, della durata di 9 cicli termici ciascuno, con rampa di salita da -40 °C a +100 °C in 60 minuti e rampa di discesa da 100 °C a -40 °C in 30 minuti, su provini di Al rivestiti con film sottile di diversa tipologia (fig. 4) come da Tabella I.

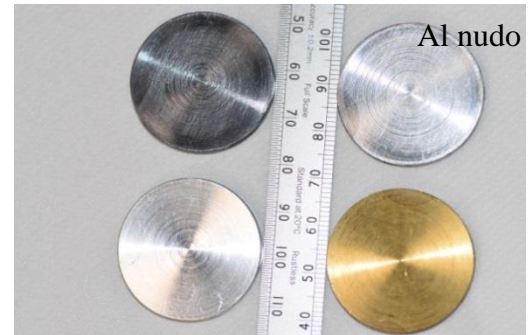
	N° Provino Al	rivestimento	Cicli termici	Gas	I _{FC} (μA)
1	0	Non rivestito	9	O ₂	25.7
2	12	Cr/TiAlN	9	O ₂	25.7
3		Cr	9	O ₂	25.7
4	4	Cr/ZrN	9	O ₂	25.7
5	13	Multistrato	9	O ₂	27.6
6	14	Multistrato	9	O ₂	27.6
7		Multistrato	9	O ₂	27.6
8	1	Non rivestito	9	O ₂	27.6
9		Non rivestito	9	O ₂	34.4
10	8	Cr/TiAlN	9	O ₂	34.4
11	41	Cr	9	O ₂	34.4
12		Cr/ZrN	9	O ₂	34.4
13		NO	9	O ₂	34.4
14		Cr/TiAlN	9	O ₂	34.4
15	16	multistrato	-	-	-
16	9	Cr/TiAlN	-	-	-
17	5	Cr	9	O ₂	34.4
18	2	Cr/ZrN	9	O ₂	34.4
19	26	Non rivestito	-	-	-
20	3	Cr/ZrN	-	-	-
21	51	Cr	-	-	-
22		Non rivestito	9	N ₂ O ₂	30.8
23		Cr/TiAlN	9	N ₂ O ₂	30.8
24		Cr	9	N ₂ O ₂	30.8
25		Cr/ZrN	9	N ₂ O ₂	30.8

Tabella I – Provini e trattamenti effettuati

Conclusioni

Il sistema Simulatore Spaziale ha permesso di mettere a punto una metodologia per la qualifica dei rivestimenti e dei componenti in ambiente spaziale seguendo la norma ECSS-Q-ST-70-04C 15 November 2008.

Al/TiAlN



Al/Cr

Al/ZrN

Fig. 4 Campioni di Al rivestiti con film sottile

Tramite un profilometro a contatto BRUKER DEKTAK è stata valutata la morfologia dei coating prima e dopo il trattamento nel simulatore spaziale. La rugosità misurata è relativa alla zona non esposta e mostra i seguenti valori:

Ra=0.11 μm Rq=0.14 μm Rz=0.53 μm
Rav=0.14 μm

mentre la zona esposta:

Ra=0.23 μm Rq=0.28 μm Rz=1.00 μm
Rav=0.001 μm

esibisce valori doppi rispetto a quelli del provino non trattato.

Il valore Rav è mille volte inferiore in considerazione del fatto che Rav viene calcolata come somma delle altezze rispetto alla funzione analitica media calcolata su 15 punti consecutivi. Questo parametro indica come il trattamento ionico abbia evidenziato una increspatura lungo i motivi che costituiscono la superficie dovuti alla lavorazione meccanica (Fig. 4).