



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

EDITORIALE

Barack Obama aveva ragione!

Il presidente USA, ora in piena campagna elettorale, nel momento in cui, all'inizio del suo primo mandato, aveva cancellato il progetto Constellation, aveva anche "scommesso" sulla capacità dell'industria privata americana di sostituire la NASA nelle missioni verso l'orbita bassa, incluse quelle con astronauti a bordo.

Io non ci avrei scommesso un euro, ma mi sbagliavo, perché ora la SpaceX ha dimostrato che Obama aveva abbondantemente ragione.

A seguito del pensionamento dello Space Shuttle dello scorso anno, la NASA sta lavorando con le imprese spaziali commerciali per sviluppare una rete di "spazio taxi" privati per trasportare merci e astronauti sulla Stazione Spaziale Internazionale. Finora, due società - Space Exploration Technologies (SpaceX) e Orbital Science Corp. - hanno ricevuto finanziamenti per trasportare cibo, rifornimenti ed esperimenti scientifici per la stazione spaziale con una navicella senza equipaggio. Tali società, così come Blue Origin, Boeing, e Sierra Nevada Corp., stanno lavorando anche nell'ambito di contratti per sviluppare veicoli con equipaggio in grado di portare astronauti verso avamposti orbitanti.

Space X ha sviluppato la navicella Dragon X adatta per trasportare fino a 7 astronauti. Ora però deve dimostrare la sua capacità con un volo di prova con solo attrezzature. Il 22/5 alle 9,44, DragonX ha effettuato il lancio perfetto del suo Falcon 9 con la navetta, dalla base di Cape Canaveral, che si è poi agganciata alla ISS, 3 giorni dopo. Un evento storico per l'astronautica! Il 31/5 (oggi) è ammarata nel Pacifico con un carico di strumentazione proveniente dalla ISS. Altro primato: DragonX è l'unico mezzo oltre alla Soyuz in grado di riportare a terra uomini e strumenti (per ora solo quelli).

Elon Musk, fondatore di SpaceX e Tesla Motors, è uno che vede lontano! La sua company, è l'unica azienda privata al mondo in grado di offrire il ciclo completo per l'ingresso in orbita bassa e ritorno, cioè il vettore Falcon, il coordinamento del lancio, la navetta Dragon ed il recupero in mare. Ora sta preparandosi ad avere un suo spazioporto, invece di affittare una rampa di Cape Canaveral, ed un suo lanciatore pesante (il Falcon Heavy), per poter andare oltre l'orbita terrestre!

E' già cominciata una nuova era!

Il presidente Luigi Borghi.
e-mail: borghiluigi23@gmail.com

Elon Musk e il suo Falcon 9



In Breve

Storia e personaggi

Paolo Nespoli

Di Luigi Borghi

Pag 2

Storia dell'astronomia

Apollo XVI: le Alture di Descartes

Di Davide Borghi

Pag 8

Storia dell'astronomia

Charlie Duke - Varese - 31/3/2012

Di L.Avella, C.Sacchetti e D.Borghi

Pag 13

Astronautica

La NASA studia il Deep Space Habitat.

Di Luigi Borghi

Pag 21

Energia

Fusione fredda: mito o realtà?

Di Luigi Borghi

Pag 23

Astronautica

I piani spaziali Russi fino al 2030

Di Luigi Borghi

Pag 25

Micro/Nanoteconologie

Processi additivi

Di Benedetta Marmioli

Pag 26

G-Astronomia

Il dessert di Gaetano

Di Luigi Borghi

Pag 33



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Incontro con l'astronauta Paolo Nespoli

di Luigi Borghi

Come avevo promesso nella homepage di metà marzo, vi trasmetto con piacere quella carica, quello spirito che animava Paolo Nespoli durante il racconto della sua vita e delle sue esperienze di astronauta. Il giorno della nostra solita cena di lavoro da Aldina, tra famosissimi redattori di questa universalmente nota rivista, l'amico Francesco mi fa presente che il 15 marzo ci sarebbe stata una conferenza di Nespoli proprio qui a Modena presso l'azienda High-tech HPE-COXA.

Una di quelle occasioni da non perdere! Francesco, invitato come ricercatore della UNIMORE (Università Modena e Reggio), non può andarci perché sarà in Inghilterra, quindi mi propone di prendere il suo posto. Io ci penso per ben 30 o 40 microsecondi e poi accetto. Quindi ecco che mi trovo alla conferenza, in mezzo ad un pubblico di circa duecento persone, età media 25-28 anni, neolaureati, cadetti dell'accademia di Modena e ricercatori della università. Il mio ingresso, oltre a quello di pochi altri, ha decisamente alzato l'età media di un paio di anni, ma comunque mi trovavo bene lì, forse anche per il fatto che di fianco a me è venuta a sedere una ragazza che avrebbe potuto essere quasi mia nipote, ma che non sapeva nulla di astronomia. Mi sono sentito molto padre, quindi ancora più vecchio.

Ma veniamo a Paolo Nespoli, tralasciando gli interventi dei vari relatori quali il coordinatore Luigi Serio (La Cattolica di Milano), il presidente di Confindustria Modena Pietro Ferrari, il presidente di HPE COXA Piero Ferrari, il Comandante dell'Accademia Militare di Modena Massimiliano del Casale, il rettore della UNIMORE Aldo Tommasi ed un responsabile della Banca Popolare dell'Emilia Romagna Garavini.



Foto in basso: il meeting; foto sopra: Paolo Nespoli che parla con alcuni giovani

Li tralascio perché hanno aggiunto poco a ciò che ha detto Nespoli, ma hanno preso spunto dalla sua vita, dalla sua forte carica, per spingere i giovani presenti in sala ad assumere questo approccio al mondo del lavoro, che era poi l'obiettivo del meeting intitolato "Pronti al lancio".



Prima di parlare della sua esperienza da astronauta, conviene fare una breve storia della sua vita.

Paolo Nespoli nasce il 6 aprile 1957 a Milano, abita a Verano Brianza (Milano). La sua passione per lo spazio è cominciata, ovviamente, a 12 anni quando vide le immagini sbiadite ed in bianco e nero di Armstrong e Aldrin che passeggiavano sulla Luna con la missione Apollo 11. In quel momento nella testa di Paolo si insinuò il seme dell'astronauta.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

In quel momento capì che doveva arrivare lì. Dopo il liceo intraprese l'università ma si fermò subito perché decise di prendersi un "anno sabbatico" entrando nell'Esercito Italiano nel 1977 come A.P. (allievo paracadutista). L'anno di leva e l'ambiente gli è piaciuto tanto che decise di rimanere. Diventò sottufficiale e lavorò come istruttore al corso paracadutisti di Pisa presso la Scuola Militare di Paracadutismo. Quindi da A.P. diventò A.I. (allievo istruttore). Nel 1980 passò al 9° Battaglione d'Assalto "Col Moschin" di Livorno dove si qualificò come incursore. Dal 1982 al 1984 fu inviato a Beirut, in Libano, con il Contingente Italiano della Forza Multinazionale di Pace. Rientrato in Italia, diventò ufficiale e rimane a disposizione del Comando Battaglione Incursori.

Nel 1985 riprese gli studi universitari e nel 1987 Nespoli lasciò l'esercito.

A questo punto, per avvicinarsi sempre di più al suo obiettivo, decise di andare negli Stati Uniti a studiare. Ciò fa capire il carattere di questa persona. Ha continuato a pedalare (e lo fa tutt'ora) ed a mettersi sempre alla prova con nuove sfide. È stato proprio questo lo scopo della conferenza: dimostrare che la volontà è determinante per il raggiungimento di un obiettivo.

Ottenne un Bachelor of Science in Aerospace Engineering nel 1988 dalla Polytechnic University of New York (USA) e, nel 1989 ricevette, sempre dalla stessa università, un Master of Science in Aeronautics and Astronautics.

L'Università degli Studi di Firenze gli riconobbe, nel 1990, una Laurea in Ingegneria Meccanica.

Nel 1989, ritornò in Italia e inizia a lavorare come Ingegnere Progettista alla Proel Tecnologie di Firenze, dove ha eseguito analisi meccaniche e fornito il supporto per la qualifica delle unità di volo dell'Electron Gun Assembly, uno dei principali componenti del sistema del "satellite al guinzaglio" (Tethered Satellite System, TSS) dell'Agenzia Spaziale Italiana.

Nel 1991, è entrato a far parte del corpo astronautico europeo dell'ESA, a Colonia, Germania; in qualità di ingegnere per la formazione degli astronauti, ha contribuito alla preparazione e allo sviluppo della formazione di base degli astronauti europei ed è stato

responsabile della preparazione e della gestione del mantenimento delle competenze degli astronauti. È stato anche responsabile dell' Astronaut Training Database, un software utilizzato per la preparazione e la gestione della formazione degli astronauti.

Dal 23 ottobre al 7 novembre 2007, Paolo Nespoli ha volato come specialista di missione a bordo dello Space Shuttle Discovery per il volo STS-120 verso la Stazione Spaziale Internazionale.

Durante questa missione è stato consegnato ed installato il Nodo 2, un importante elemento strutturale essenziale per l'ulteriore ampliamento della ISS, che include anche l'aggiunta del laboratorio europeo Columbus.

Un altro importante compito svolto è stata la rilocazione di uno dei pannelli solari che forniscono energia alla Stazione. Nespoli ha avuto un ruolo chiave come astronauta di attività intraveicolare (IVA) durante le uscite nello spazio di questa missione, e in quella relativa all'installazione del Nodo 2. Il suo sogno sarebbe stato quello di fare anche attività extraveicolare (EVA), ma non ci riuscì mai. La sua tuta è rimasta appesa nel suo box, a bordo della ISS. Ogni tanto l'andava ad accarezzare, ma non ci fu mai l'occasione di utilizzarla.

Durante la sua missione, chiamata Esperia, Paolo Nespoli ha anche portato a termine per la comunità scientifica europea, una serie di



Nespoli a bordo della ISS (foto credit NASA/ESA)

esperimenti europei nel campo della biologia e della fisiologia umana ed ha, inoltre, preso parte ad attività di carattere educativo.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

A novembre 2008, Paolo Nespoli viene assegnato alla Spedizione 26/27, una missione di lunga durata sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS) per cui ha seguito un addestramento di oltre due anni tra Russia e Stati Uniti. L'astronauta è partito il 15 dicembre 2010 dal cosmodromo di Baikonour, in Kazakistan, a bordo della navicella Soyuz con la missione **MagIStra** ed è rimasto in orbita, sulla ISS, fino a maggio 2011.

Ma credo che sia interessante andare a vedere quali sono le avventure e gli aneddoti che sono nascosti dietro queste tappe della sua movimentata vita e che lui ci ha raccontato con tanta partecipazione.

Nella foto il momento in cui viene recuperato in Kazakistan, stremato, dopo ben 157 giorni sulla ISS.



Cominciamo da alcuni test a cui è stato sottoposto dalla NASA per essere abilitato al volo sugli shuttle. Erano di due tipi: quelli dedicati a conoscere la macchina, tra le più complesse mai costruite dall'uomo, al fine di imparare a risolvere qualsiasi (diciamo quasi) tipo di problema e quelli dedicati alla sopravvivenza ed al lavoro di gruppo o mutua assistenza. Partiamo da questi. Il ritorno di un astronauta può avvenire in un aeroporto, come nel caso dello Shuttle, che però ora non vola più, oppure nella steppa, come nel caso delle Soyuz, o in qualsiasi altro posto in condizioni di

emergenza. Proprio per quest'ultimo caso, un bel giorno la Nasa prende alcuni allievi del 13° corso (quello di Nespoli), incluso Paolo, li carica su un elicottero e poi li abbandona su un canotto nel bel mezzo del Golfo del Messico, senza viveri e con una radio. Quindi l'equipaggio dell'elicottero li saluta dicendo: *"ci vediamo appena riuscirete a mettervi in contatto con i soccorsi! Ciao!!"*. Bisogna però aggiungere che il golfo è anche infestato dagli squali! Ma questo test è stato relativamente facile. Un po' più complesso è stata la sopravvivenza per due settimane, armati di coltello, un pezzo di paracadute per farci una tenda e poco altro, nel bel mezzo di una foresta. Si trattava di sopravvivere, procurarsi del cibo ed aiutarsi a vicenda. La caccia al pasto includeva anche la cattura di scoiattoli.

Peccato però che, in quel posto c'erano già stati altri 12 gruppi di sopravvivenza ed ormai i poveri scoiattoli avevano già memorizzato nel loro DNA che bisognava stare alla larga dagli umani, quindi era praticamente impossibile catturarli. Ultimo racconto ma non meno inquietante è stato quello dell'Alaska. Era estate ed il corso si svolgeva al centro NASA di Houston, in Texas. Un caldo terribile!

Bene, ad un certo punto vengono caricati due equipaggi con relative canoe/kajak su un C130, incluso ovviamente anche il nostro Nespoli. Si parte per Anchorage, Alaska!

Arrivati là li portano con un elicottero sulla riva di un fiume, su cui galleggiavano ancora blocchi di ghiaccio, a 150 miglia dalla più vicina manifestazione di civiltà. Anche in questo caso l'equipaggio saluta con questo messaggio: *"Ok ragazzi, ci vediamo tra due settimane, 150 miglia più a valle; seguite la corrente!"*

Beh, si sono poi anche divertiti, devo dire che molta gente paga agenzie di viaggio per fare un



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

giretto come quello in Alaska! Tutte esperienze estreme ma veramente entusiasmanti! Ora invece parliamo dei corsi specifici per conoscere lo Shuttle. Consistevano in mesi di addestramento e di nozioni sul funzionamento di tutto il sistema, quindi meccanica, fluidica,

senso militare del termine. Questa particolare funzione la esercita solo in caso di emergenza. In quel caso il capo è lui o lei a decidere e tutti devono sottostare al comando. In condizioni normali invece il capitano si distingue semplicemente per il fatto che fa da

concentratore di tutte le esperienze presenti sulla ISS e da stimolatore per ottenere la massima sinergia tra i vari gruppi. Più che un capitano è un consulente e un punto di riferimento-.

Un equipaggio della ISS normalmente è formato da sei persone di diversa nazionalità. Le comunicazioni tra i "residenti" avvengono in inglese ma si arrivano ad imparare anche rudimenti di russo, francese, tedesco e giapponese. Gli astronauti sono specializzati, ma ognuno di loro deve



La ISS nella sua attuale configurazione con agganciato lo Shuttle (Foto credit Nasa/Es).

elettronica, dinamica del volo spaziale, ecc. a tutto il gruppo. Dopodiché si fece un esame.

Non si trattava di un test predisposto, ma semplicemente un vero esame sulla capacità di gestire l'imprevisto. Come esempio Nespoli ha spiegato quello del suo gruppo.

Con lo schema (a blocchi) dell'automazione dello Shuttle su una lavagna luminosa, uno degli allievi doveva simulare un guasto, semplicemente interrompendo volutamente un circuito, un collegamento, una valvola od un qualsiasi blocco del sistema, e gli altri, per dimostrare che avevano capito perfettamente il funzionamento della navetta, dovevano prevedere cosa sarebbe successo, cosa avrebbero dovuto fare per salvare la missione, o addirittura per salvare la vita.

-Quando si è in orbita- continua Paolo Nespoli, -il comandante della missione ha un compito particolare, che non è quello di "comandare" nel

avere una preparazione a largo spettro. Un ingegnere elettronico, per esempio, che sa tutto di computer, drive e sensori, serve a poco se non sa come cavarsela con un prelievo di sangue piuttosto che alimentare un topo cavia o fare delle foto in 3D. Ognuno di loro deve saper fare di tutto perché là, sulla ISS, si fa anche da cavia. Anzi gli astronauti sono prima di tutto delle cavie! I suoi 157 giorni sulla stazione sono stati necessari per verificare alcuni aspetti del suo ritmo circadiano. Sulla Terra questo ciclo è di 24 ore perché è legato all'avvicinarsi del giorno con la notte, dalla luce con il buio. Ma sulla ISS le cose cambiano perché il giorno dura 45 minuti e così pure la notte. Si va a letto con l'orologio e non con il buio. Quindi ecco gli scombussolamenti. Altro problema per cui Nespoli ha fatto da cavia è l'adattamento del sistema dell'equilibrio alla microgravità. L'apparato vestibolare, che si trova all'interno dell'orecchio, all'inizio della permanenza in assenza di peso ti fa vomitare. Poi si adegua, nel senso che il corpo e soprattutto il cervello



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 -numero 2 1/6/2012

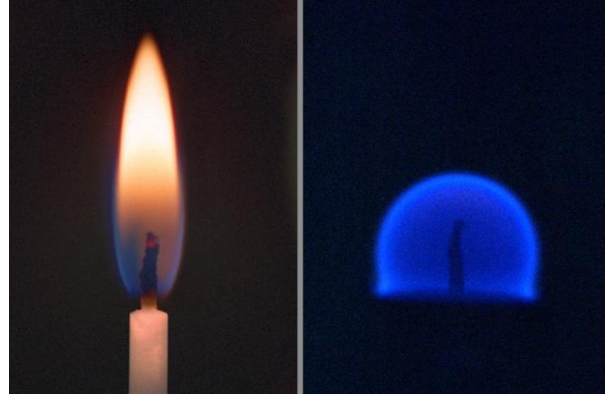
imparano a fregarsene dello stimolo e quindi si sopporta. Il problema ricompare quando torni a Terra.

Questo sistema torna a farsi vivo e li ricominciano i guai. Devi muoverti lentamente perché la reazione a volte ti fa stramazze in terra, ed in ogni caso ti fa comunque vomitare. Insomma un astronauta deve imparare a vomitare senza tanti problemi!!

Ma cosa fanno tutto il giorno sei persone sulla stazione spaziale? Ebbene da lavorare ce ne sarebbe anche per molti di più. Ci sono esperimenti da fare per conto di enti, aziende ed università che li hanno sponsorizzati. Esperimenti che si possono fare solo in assenza di gravità. Per esempio c'è un forno che è in grado di fondere metalli e quindi di fare leghe che sulla Terra non sarebbero possibili. Lo studio della propagazione della fiamma è un altro esperimento che ha fatto Paolo. Una candela sulla terra brucia e fa una fiamma che si propaga verso l'alto perché l'aria calda, più leggera, sale e quella fredda, dal basso, entra e porta nuovo ossigeno. Dentro la ISS però, c'è la stessa aria che respiriamo sulla Terra, ma non funziona così, perché non c'è la gravità! Quindi la fiamma si espande in modo sferico attorno al

*Sotto una immagine del nord Italia di notte
(foto credit Nasa/Esa).*

punto di combustione, con un colore bluastrò e poi si spegne subito perché l'ossigeno bruciato viene sostituito localmente, intorno allo stoppino, dall'anidride carbonica. Senza la ventilazione la fiamma si spegne!



Non solo! Anche la respirazione senza gravità e ventilazione non sarebbe possibile. Infatti, assorbendo ossigeno con la bocca ed espellendo CO₂, quest'ultima si ferma intorno al viso ed impedisce l'arrivo di altro ossigeno. Ecco perché il sistema di ventilazione sulla ISS e sullo shuttle è indispensabile non solo per recuperare l'aria "usata" ma anche per garantire la respirazione.

Sulla ISS non si butta via nulla, l'aria e l'urina





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net” - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 -numero 2 1/6/2012

vengono recuperate estraendo ossigeno e idrogeno utili per riprodurre acqua da bere e ossigeno da respirare.

Tutti i materiali a bordo della ISS emettono particelle che devono essere eliminate dalla respirazione. È un fenomeno noto come “Outgassing (o anche offgassing)” e che noi comuni mortali notiamo quando si compra un’automobile nuova. Quell’odore, a lungo andare è dannoso.

L’ultimo, ma non meno importante aspetto della lunga permanenza nello spazio senza peso, è il deperimento muscolare ed osseo. Tutti i muscoli sono abituati a lavorare sulla Terra anche solo per tener dritta la testa sopra alle spalle. Nello spazio invece sono in stato di quiete e le ossa non sono sollecitate dal peso. Quindi succede che, pian piano, tutti questi organi non stimolati, riducono la loro efficacia in modo automatico. L’unico modo per proteggersi efficacemente da questa terribile conseguenza che porterebbe l’astronauta a non poter più tornare “normale” sulla Terra, è l’esercizio fisico. Ginnastica forzata!

Nella foto (credit Nasa/Esa) Paolo in allenamento con l’attrezzo.



Almeno due ore di intenso allenamento che coinvolga tutti i muscoli del corpo non bastano comunque ad evitare che al ritorno rimanga il segno.

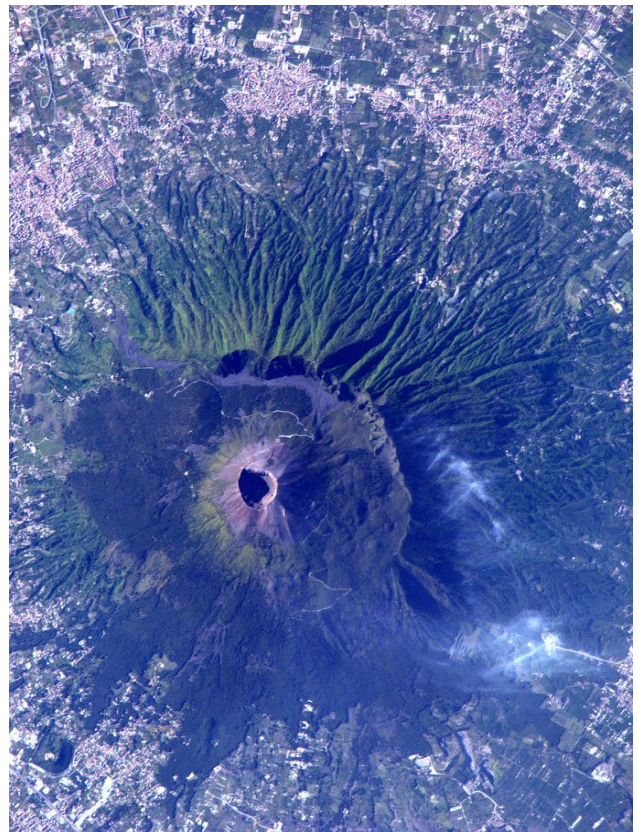
Nel senso che per diversi giorni si farà fatica a camminare, ma poi il corpo pian piano riprenderà la sua funzionalità.

Paolo Nespoli ha parlato di tante altre cose con passione ed è riuscito a catturare l’attenzione di molti giovani.

Sono convinto che tra i prossimi neoastronauti dell’ESA, probabilmente ci sarà qualcuno di questi ragazzi, che si è infatuato di questo mondo, difficile e nello stesso tempo affascinante, ma che richiede anche tanti sacrifici e tanta tenacia.

Queste foto e tante altre le potete visionare sul sito http://www.flickr.com/photos/magisstra?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter

Una veduta del Vesuvio dalla ISS, con la evidente pericolosa vicinanza dei centri abitati alla caldera vulcanica (Foto credit Nasa/Esa).





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Apollo XVI: le Alture di Descartes

di Davide Borghi

Continuiamo la celebrazione dei quarant'anni delle missioni Apollo con il quinto e penultimo allunaggio, Apollo 16, che celebra l'anniversario ad Aprile. Il pilota del LEM, **Charlie Duke**, e' fra l'altro stato in Italia diverse volte: lo l'ho incontrato a Bologna il 26 Ottobre 2010 e a Vicenza il 31 Marzo. Duke e' stato anche in sala controllo a Houston col ruolo chiave di CAPCOM, durante il primo allunaggio, con l'Apollo 11, come si vede bene nel film "**Contact Light**" [1] appena pubblicato da Paolo Attivissimo [14], con cui siamo in contatto, e membro onorario de Il COSMO.

Oltre al tenente della US Air Force Charles Duke, l'equipaggio e' composto dal capitano della US Navy **John Young** (nella foto mentre salta senza difficoltà un metro dal suolo), già su Gemini 3, Gemini 10, e Apollo 10 [13] e da **Thomas K. Mattingly**, sfortunato componente della missione Apollo 13 per la quale era stato nominato ma sostituito a pochi giorni dal lancio; rimasto a terra, contribuì in maniera decisiva al salvataggio dell'equipaggio in volo.



Pochi mesi prima della missione era stato deciso di ridurre ulteriormente il programma Apollo tagliando altre missioni pianificate. L'ultima missione programmata ad allunare era diventata la missione dell'Apollo 17, mentre le Apollo 18, 19, 20 erano state cancellate per ragioni di budget e politiche (quello che si doveva dimostrare era stato fatto, inutile prendersi altri rischi e costi), ed infine a causa del neonato programma Space Transportation System (meglio conosciuto come

Space Shuttle). Improvvisamente la missione diviene quindi la penultima sulla Luna.

Il 16 Aprile 1972 avviene il lancio dell'Apollo 16 a bordo del razzo **Saturn V, modello SA-511**.

Tre giorni dopo il lancio, il computer di navigazione va in avaria e la determinazione della posizione deve essere eseguita con un classico e semplicissimo **sestante** [2] come secoli prima. Il sestante e' ora conservato al Smithsonian Air & Space Museum di Chantilly, Virginia, mezzora di auto a sud di Washington D.C., museo dove si trova anche il B29 Enola Gay, uno Shuttle, un BalckBird, un GPS e tanto altro (il museo come ogni Smithsonian e' ad ingresso rigorosamente gratuito).

Il 20 Aprile 1972 alle ore 8:27 ora italiana, il LEM e il CM sono già staccati e volano in formazione stretta, ma per un **problema ai motori** che orientano il Main Motor del CM Orion, gli astronauti vengono lasciati in orbita attorno alla Luna per 15 orbite. Il problema viene descritto via radio a Houston da Mattingly. E' preso seriamente in considerazione l'annullamento dell'allunaggio. Il capo missione, il leggendario Gene Kranz ("Failure is not an option" [9]) percepisce nella voce di Mattingly il terrore che anche questa volta, dopo l'Apollo 13, non riesca a portare a termine la missione. L'ingegnere Larry Canin viene incaricato del problema da Kranz, al Mission Control a Houston. Larry e' un esperto del Thrust Vector Control e intuisce subito, *gut feeling*, che si tratta di un problema di circuito aperto (un filo staccato) da qualche parte. A Houston in laboratorio riescono a ricreare il problema e trovare un *workaround*. Il centro di controllo terrestre calcola che la deviazione dalla traiettoria e' ancora sotto controllo e quindi si decide di continuare la missione. Quando le due spacecraft rispuntano da dietro la Luna alla loro sedicesima orbita, gli viene comunicata la soluzione, e si scatena l'entusiasmo: lo sbarco a Descartes e' vicino!

Il 21 Aprile 1972 alle ore 3:23 ora italiana il LM Orion dell'Apollo 16 compie l'allunaggio nelle **Descartes Highlands**. Lo stesso giorno sulla Terra, la Rocketdyne si aggiudica, dopo una lunga e complessa gara d'appalto, il contratto per gli Space Shuttle Main Engines (SSME) del programma STS, che sarà il futuro della NASA.

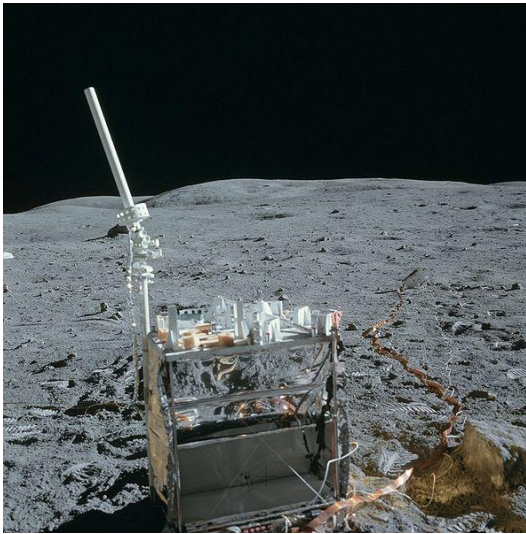


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Il passato (la conquista della Luna), il presente (la penultima missione lunare) e il futuro (lo Space Shuttle) si intrecciano.

L'allunaggio, per la prima ed unica volta, non viene trasmesso in diretta a causa della rottura del modulo trasmettente sul LM. Le immagini in diretta arriveranno solo dopo l'attivazione del trasmettitore del Lunar Rover.

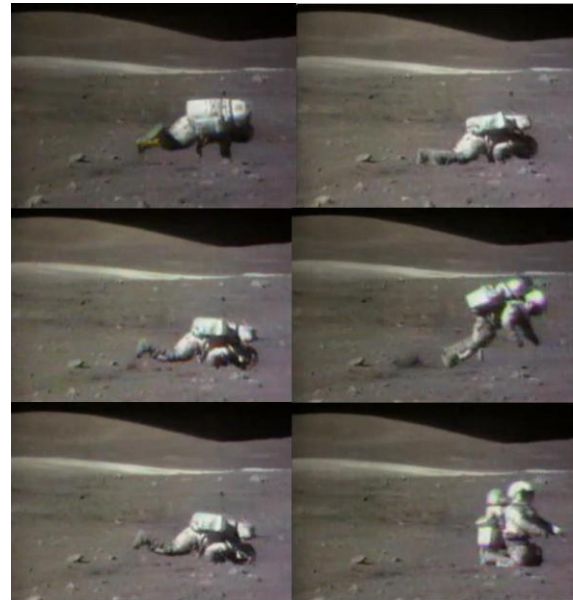


Viene presto preparato anche il pacchetto di esperimenti scientifici (foto sopra), il cosiddetto **ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package)** [3] composto dai seguenti strumenti: un esperimento sismico passivo ed uno attivo (con esplosivo), un magnetometro fisso ed uno portatile, un esperimento di misurazione del flusso di calore, un rivelatore della radiazione cosmica, collettori per il vento solare, un transponder per misurare i campi di gravità, e infine un generatore a radioisotopi al Plutonio 238 [4] (Radioisotope Thermolectric Generator o RTG, del tipo SNAP27) per fornire energia al tutto.

Il Heat Experiment fallisce a causa dell'accidentale rottura del cavo col piede di Young, durante un movimento involontario. Ma tutti gli altri sono un grande successo: esperimenti progettati per durare un anno, funzioneranno per **oltre 5 anni** sulla Luna [7], grazie al generatore al Plutonio.

Viene staccato il **Lunar Rover** dalla Bay I del Descent Stage, e inizia la procedura di dispiegamento dello stesso come fosse un passeggino da bambini. Una volta completata l'operazione gli astronauti salgono sul modello di

fuoristrada lunare a batterie, già collaudato nella missione precedente.



La caduta di Duke.

Sono compiute tre passeggiate lunari **EVA (Extra Vehicular Activities)** con l'ausilio dei Rover, per un totale di **27Km percorsi**. Le EVA sono molto faticose per Young e Duke: dura 7h 11' la prima, 7h 23' la seconda, 5h 40' la terza.



Sono famose le immagini delle **cadute di Duke** [5] (v. link su YouTube allegato e fotogrammi allegati); in particolare quella in cui, caduto rovinosamente in avanti, tenta di rialzarsi per ben tre volte, con una mossa inventata sul posto, rischiando più volte di impattare col casco al suolo.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

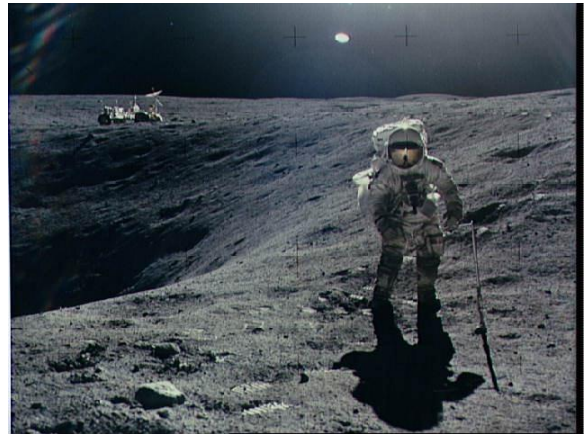
Altrettanto famosa la foto di un entusiasta Young che saluta la bandiera saltando un metro dal suolo.



Allegate ci sono anche le immagini [12] del **cratere North Ray, profondo 70m**, e che ha creato qualche apprensione a Houston, vista la vicinanza dei piedi degli astronauti al bordo del cratere. E le immagini della **enorme House Rock**, una roccia (circa 30m di lato di base e alta 15m) di colore scuro, dapprima identificata come basalto, ma poi riconosciuta come **breccia** da impatto [10]. Si tratta dell'ultima prova definitiva (e letteralmente grande come una casa) che il luogo non è di origine vulcanica come si credeva ma di origine da impatto meteoritico, come gran parte della superficie lunare. La missione alle Alture di Descartes si rivelerà essere un grande passo nella comprensione della vera natura del suolo



lunare, ovvero nel rivolgimento dell'ipotesi vulcanica a favore di quella del bombardamento cosmico. In totale sono raccolti **95,8 kg di rocce lunari**. Come piccolo gesto di ringraziamento, un campione di roccia verrà regalato alla città di Nördlingen (ora si trova nel museo del cratere Ries a Nördlingen) in Germania, dove gli astronauti avevano eseguito diverse esercitazioni anni prima [15].



Il sito di sbarco su Descartes, non è molto distante dal sito dell'Apollo 11, nel Mare della Tranquillità, ma è molto più elevato: si trova a **7809m** sui mari circostanti [11]. Si tratta dell'**allunaggio nella zona più elevata di tutte le missioni Apollo**.

Duke lascia infine sulla Luna una **foto Polaroid** a colori della sua famiglia (v. foto) completa del cane.



Una volta lasciato il suolo lunare, dopo che Young e Duke sono già passati al CM Casper, viene programmato di staccare il LM per farlo precipitare in maniera controllata sulla Luna. Ma qualcosa va storto e il **LM è fuori controllo**. Orion verrà lasciato quindi a se stesso e



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

precipiterà sul nostro satellite circa un anno dopo in un sito tuttora sconosciuto.

Come per l'Apollo 15, viene anche rilasciato un piccolo satellite per la misurazione del vento solare e dei campi magnetici, satellite con traiettoria a perdere verso la superficie lunare. Come da programma Ken Mattingly compie una **EVA di 1h 24' per recuperare diverse pellicole** da un apposito contenitore posizionato all'esterno del CM.

Durante una EVA, l'**anello di matrimonio** di Ken Mattingly fluttua fuori dal CM nello spazio profondo [6]; Charlie Duke cerca di prenderlo ma lo manca di poco e lo dà per perso. Ma poi l'anello uscendo urta la parte posteriore del casco di Ken, e rimbalza verso il portellone aperto del CM rientrandoci dentro. Questo e altri aneddoti sono raccontati nel film edito da Charlie Duke "**MoonWalker – The Apollo 16 Mission**" [7]. Come anche l'emozione del **padre di Duke, che era nato prima del volo dei fratelli Wrights**, nel vedere suo figlio sulla Luna.

Il 27 Aprile 1972 il CM ammara nell'Oceano Indiano, dopo aver sottoposto gli astronauti a 7,19g di decelerazione, un record per le missioni Apollo. Incredibilmente l'ammarraggio avviene a solo 1 miglio dal punto designato, in piena vista della portaerei USS Ticonderoga, che li raccoglierà in pochi minuti tramite un elicottero.

Tre settimane dopo la partenza degli astronauti dalle Descartes Highlands, i **sismometri** lasciati sulla Luna registrano il più grande impatto meteritico sulla Luna mai registrato: le onde sismiche da esso generate permettono di stimare lo spessore della crosta a Descartes a 15Km di più della media lunare.

Poche settimane dopo, il 26 Maggio 1972, **Wernher von Braun** annuncia il suo licenziamento dalla NASA, per passare alla Fairchild, dopo 27 anni di servizio sotto il governo; gli ultimi anni con la NASA li ha trascorsi a Washington D.C. solo per vedere frantumati i suoi progetti di continuare i lanci di Saturn V verso la Luna e poi verso Marte. Il 7 Luglio dello stesso anno, la **North American Rockwell** riceve dalla NASA il contratto NAS9-14000, del valore di 2,6 miliardi di dollari, per la realizzazione dell'orbiter dello Space Shuttle.

Il Command Module "Casper" si trova tuttora, in buona compagnia con un Saturn V ed un esemplare del STS, al **US Space & Rocket Center a Huntsville**, centro di ricerca missilistica aperto al pubblico, nel mezzo della umida foresta nel Nord dell'Alabama.



Un aneddoto particolare è quello del **sogno avuto da Duke** sei mesi prima della missione [10]. Dice di non ricordarsi spesso i propri sogni, ma di non riuscire a dimenticare questo, particolare, in cui vede se stesso sbarcare sulla Luna e accorgersi che ci sono tracce di un rover che portano lontano. Le segue e li portano ad un rover identico al suo, con due persone a bordo, morte, che, alzando il visore, si rivelano essere proprio loro due: Duke e Young. Presi dei campioni e riportati a Terra per le analisi, si rivelano essere vecchi di 100 mila anni.

Dell'incontro del **31 Marzo 2012 a Vicenza con Charlie Duke** ci occupiamo in un apposito articolo, mentre di quello **a Bologna il 26 Ottobre 2010** [8] conservo alcune altre note che qua riporto.

Duke inizia la conferenza ricordando il suo amico, collega e direttore dell'intero Apollo Program (dal 1969) **Rocco Petrone**, di chiare origini italiane, ma americano di nascita. Petrone è il primo direttore Apollo non di origine tedesca.

Continua accennando alle ragioni del taglio delle missioni Apollo oltre la 17 (v. sopra) e alle possibilità di estrazione di Elio 3 sulla Luna, citando anche l'attuale interesse in tal senso da parte di Schmitt dell'Apollo 17.

A domande dirette, focalizzate sul suo personale profondo interesse alla spiritualità cristiana, risponde che non crede alla sua esperienza lunare come a qualcosa di spirituale:



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012



semplicemente faceva il suo mestiere, da tecnico, e cercava di farlo nel modo migliore. Non aveva tempo di pensare ad altro. Dice di avere approfondito il proprio lato religioso solo dopo che la moglie si era avvicinata al suicidio nel '74, fatto che lo ha portato a ritrovare l'equilibrio nel suo lavoro e una dimensione umana.

Si diverte a riguardare in video le sue diverse e famose cadute (v. sopra) sul suolo lunare. Una addirittura all'indietro, sul backpack di sopravvivenza. Nel video si sente qualche secondo di silenzio, di panico, poi ci si rende conto che è andata liscia. A Houston questa esuberanza non l'hanno presa bene e Duke si è beccato qualche rimprovero.

Cerca di far capire ad una audience molto giovane (la conferenza faceva crediti universitari...) la tecnologia molto limitata e ingombrante (64Kbyte stanno a 64Gbyte come le Apollo stanno all'iPad) e le condizioni estreme (35°C di temperatura all'arrivo, **150°C 72h dopo**, alla partenza, a causa dell'alzarsi del Sole sull'orizzonte).

Poi la sensazione, quella di **sentirsi a casa**, nonostante il pianeta alieno, la polvere che sporca e si insinua dappertutto, una volta rientrati nel LM, e infine l'odore del suolo lunare: quello di **polvere da sparo** (ma che odore ha la polvere da sparo? Un odore forse più familiare agli americani...).

Ricorda quando Kennedy disse "*We will go to the moon and come back safely*": lui era in Germania e ci rise sopra: "*non ci andremo mai...*". Non poteva immaginare che ne sarebbe stato parte.

Gli viene fatta un'ultima domanda: e se non si fosse acceso l'unico motore del LM alla ripartenza?

In tal caso, risponde, c'erano procedure di risparmio energetico da mettere in atto per riuscire a sopravvivere il più possibile, ...attendendo finché a qualcuno non fosse venuta una buona idea!

Bibliografia:

[1] <http://contactlightmovie.blogspot.com/>

[2]

<http://www.nasm.si.edu/collections/artifact.cfm?id=A19770205000>

[3]

http://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_Lunar_Surface_Experiments_Package

[4]

http://en.wikipedia.org/wiki/Radioisotope_thermoelectric_generator

[5]

<http://www.youtube.com/watch?v=MU0Rgpdujzo>

[6]

<http://whizzospace.com/moonwalker/moonwalker.htm>

[7] <http://www.charlieduke.net/video.htm>

[8]

<http://tranquillitybase.wordpress.com/2010/10/26/dotty-e-charlie-duke-a-bologna/>

[9] "Failure is Not an Option", Gene Kranz, Simon & Schuster

[10] "A Man on the Moon", Andrew Chaikin, Penguin Books

[11] "SpaceFlight", Neal-Lewis-Winter, Smithsonian Guides – Nat'l Air & Space Museum Washington DC

[12] <http://apod.nasa.gov/apod/ap000319.html>

[13] <http://www.penpal.ru/astro/Apollo16.shtml>

[14] <http://it.paperblog.com/duo-appuntamenti-lunari-a-tradate-e-lucerna-615239/>

[15] http://it.wikipedia.org/wiki/Apollo_16

Associazione Culturale "Il C.O.S.MO." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 pag: 12 di 33

Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati. È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.Mo". La loro diffusione all'esterno del circolo è vietata. Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici. - Costo: Gratuito sul WEB per i soci - Arretrati: Disponibili e gratuiti sul WEB per i soci.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Charlie Duke – Varese – 31/3/2012

di L. Avella, D. Borghi, C. Sacchetti

Un grande successo di pubblico per un'altra visita dell'astronauta Charlie Duke, decimo uomo sulla Luna. L'occasione è stata l'inaugurazione della mostra "Esplorando", sabato 31 Marzo a Villa Recalcati a Varese. La cornice quella di una bellissima villa settecentesca, non lontana dal centro di Varese.

Charlie Duke esordisce notando che fra le innumerevoli commemorazioni della missione Apollo 16 a cui ha partecipato, questa è la più inusuale e particolare, proprio a poche settimane dal suo 40esimo anniversario.

Dopo una cerimonia iniziale, alla presenza dei cadetti (Duke è un Generale in pensione della US Air Force), nel salone centrale, sotto un lampadario di cristalli, è stata scoperta una riproduzione fedele del Command Module "Casper" dell'Apollo 16, preparata dal gruppo FOAM13 (Fondazione Osservatorio Astronomico di Tradate [Messier 13](http://www.messier13.it)).

Come nota a margine si può dire, per chi fosse curioso sul nome FOAM13, che il Gruppo Astronomico Tradatese nasce nel 1973, dopo l'ultima Missione dell'Apollo 17 avvenuta il 17 Dicembre 1972. Nell'anno successivo dal Radiotelescopio di Arecibo, invia per la prima volta nella storia dell'uomo, un radio messaggio verso Messier M13 nella Costellazione di Ercole, un Ammasso Globulare di decine di migliaia di stelle, dove si immagina ci sia maggiore probabilità che una vita intelligente possa decifrare il messaggio. La prima decisione stabilita del neonato Gruppo Astronomico Tradatese fu di adottare come sigla proprio questo avvenimento.

La mostra antistante il CM Casper, ripercorre la storia delle missioni lunari ed espone anche un notevole pezzo di Luna (si vedano foto seguenti) portato dalle missioni Apollo.

La sera Charlie Duke tiene una conferenza al Teatro Apollonio.

Una bella e inusuale occasione per ricordare le missioni Apollo, e la 16 in particolare, nel suo 40esimo anniversario.

In un itinerario che attraversa varie sale della bellissima villa, si possono apprezzare modelli in scala di vari componenti e moduli dei razzi vettori Apollo nonché un esemplare in scala del razzo Sovietico N1 affiancato ad un Saturno V, che per quanto simili in ciò per cui erano stati concepiti, si caratterizzano per le differenze tecnologiche più che evidenti tra i due.

Nella stessa sala viene proiettato in loop il filmato "Contact Light"; i diciotto minuti finali di allunaggio dell'Apollo 11, interamente rimasterizzato e montato dal giornalista Paolo Attivissimo, in cui le sequenze della discesa del LEM riprese dalla telecamera di bordo con l'audio originale delle trasmissioni tra gli Astronauti e il controllo missione, sono in sincrono con le immagini di ciò che avveniva in quegli istanti nella sala controllo; e nel ruolo di "Capcom" troviamo proprio Charlie Duke.

La mostra prosegue con l'esposizione di tute lunari appartenute a Duke, reperti originali dell'epoca come il volume del piano di volo Apollo, pannelli di strumentazione in uso alle console della sala controllo missione di allora, e tanto altro messo a disposizione da collezionisti che presenti alla mostra, si prestano più che volentieri nel descrivere i loro pezzi.

Tra i reperti veramente singolari, come gli stemmi delle missioni Apollo, o monete commemorative, spicca lo schizzo di un ipotetico veicolo spaziale disegnato da Werner Von Braun, verosimilmente durante il periodo in cui ha prestato servizio presso la base nazista di Peenemunde durante la seconda guerra mondiale.

All'Unione Sovietica è dedicata un'intera sala dove teche e pannelli espongono oggetti e immagini che testimoniano la grande epopea spaziale d'oltre cortina.

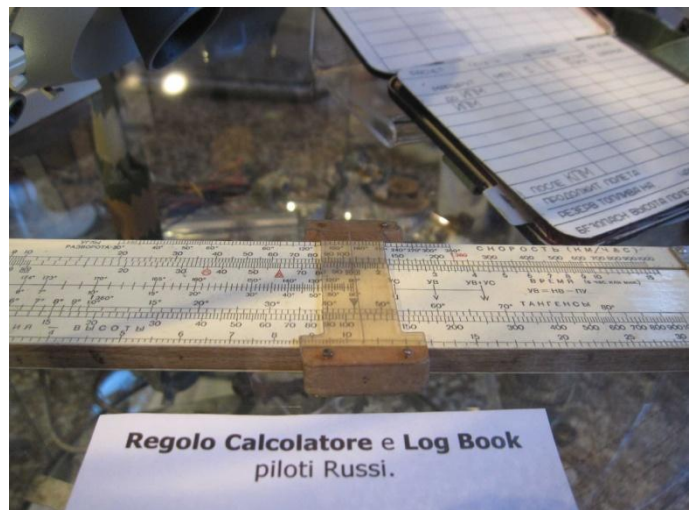
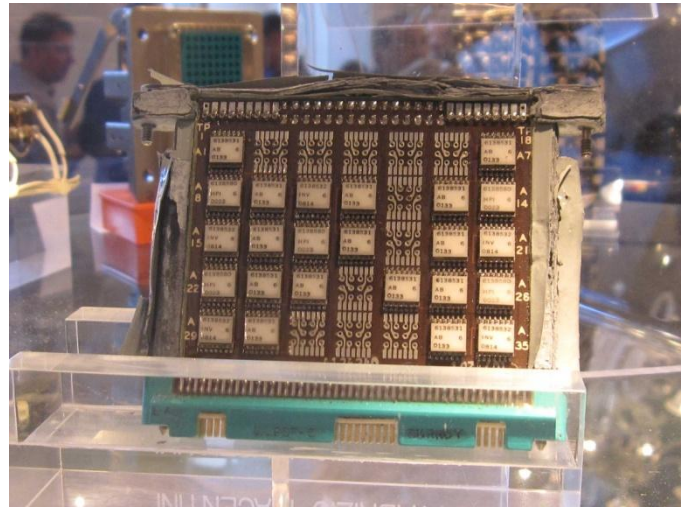
Qui è possibile osservare una carrellata di primati Sovietici nella corsa allo spazio; dallo Sputnik alle stazioni spaziali Soyuz fino alla Mir, passando attraverso il volo della piccola Laika, la gloriosa impresa di Gagarin, la tragedia di Komarov, fino alle prime sonde lunari che cederanno il passo alle missioni umane Statunitensi.

Nelle pagine successive un reportage fotografico della mostra.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 -numero 2 1/6/2012

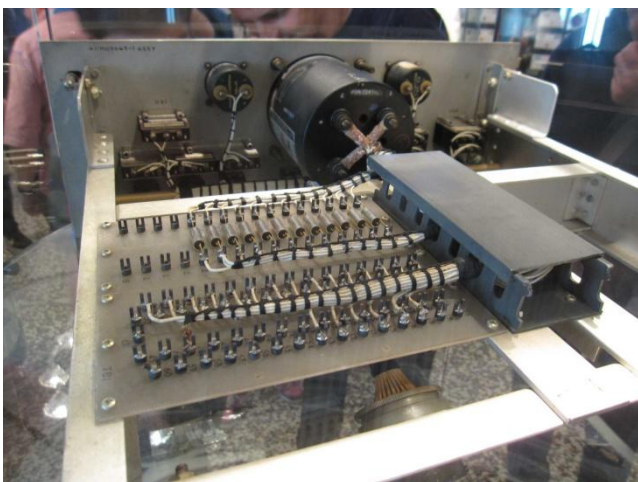
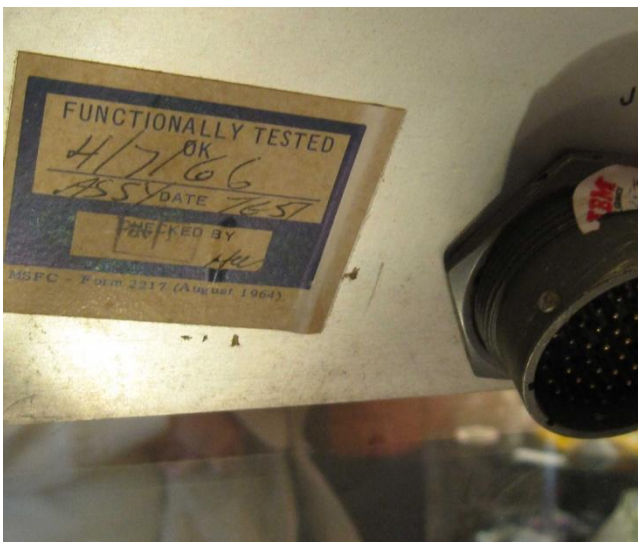
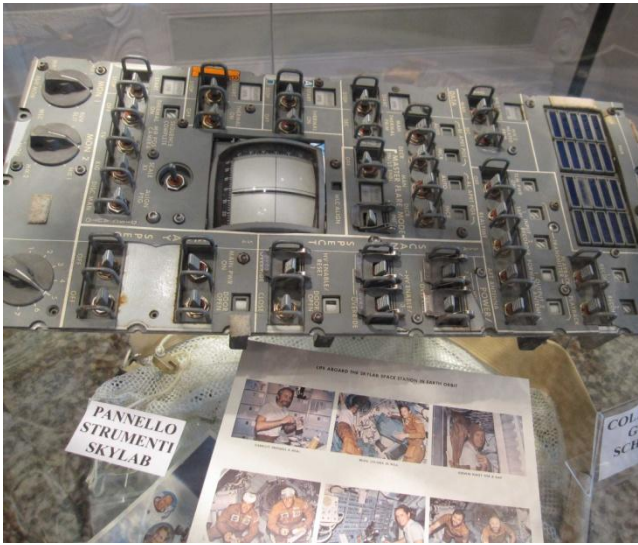




Proprietà circolo Il C.O.S.Mo.- www.ilcosmo.net - Responsabile Luigi Borghi – Redazione: Consiglio direttivo

Il C.O.S.Mo. NEWS

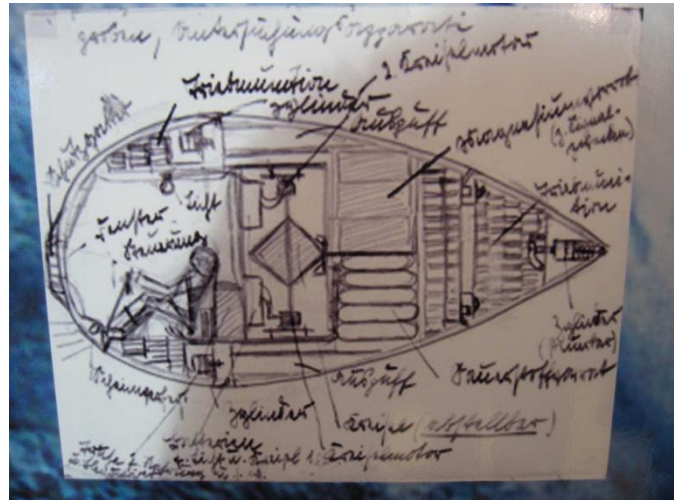
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012





Il C.O.S.Mo. NEWS

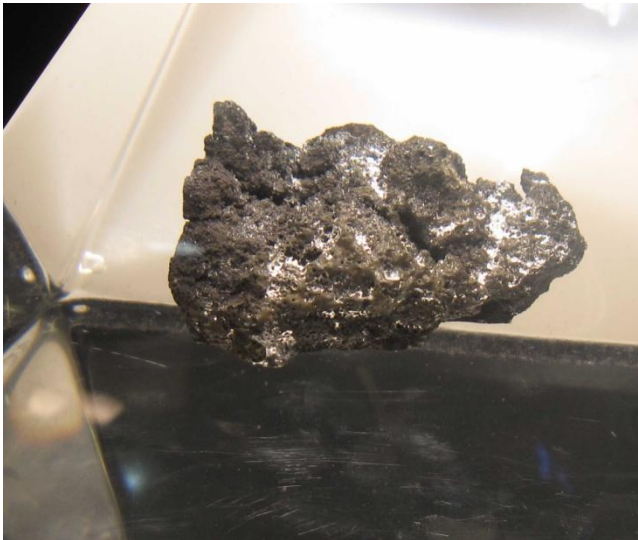
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012





Proprietà circolo Il C.O.S.Mo.- www.ilcosmo.net - Responsabile Luigi Borghi – Redazione: Consiglio direttivo

Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012



Bibliografia:

<http://www.charlieduke.net/>

<http://vimeo.com/39640603>

<http://www.youtube.com/watch?v=-46YcGwCZB4>

<http://www.foam13.it/>

<http://www.foam13.it/ASTRONAUTICAE SPLORANDO.htm>

http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Duke



Il C.O.S.Mo. NEWS

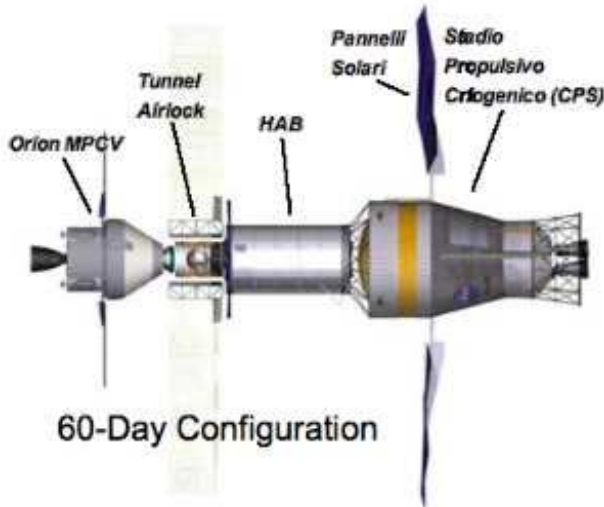
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

La NASA studia il Deep Space Habitat .

di Luigi Borghi

La NASA ha iniziato gli studi preliminari per quello che viene definito Deep Space Habitat (DSH), un **veicolo di esplorazione abitato per lo spazio oltre l'orbita terrestre**. Le configurazioni proposte dell'astronave, così come dei veicoli di supporto, cominciano a prendere forma. Seguendo i consigli forniti dall'Advanced Exploration System (AES) il DSH sarà basato sui moduli esistenti della Stazione Spaziale Internazionale e sui moduli logistici utilizzati dallo Space Shuttle - i principali sono il laboratorio statunitense Destiny della ISS e il Multi-Purpose Logistic Module (MPLM) che ha svolto il ruolo di supporto alla stazione utilizzando lo Shuttle.

Una prima versione base del DSH sarebbe composta da un modulo derivato dal Destiny con agganciato un tunnel che funge da boccaporto di attracco e da modulo di decompressione e fornito di pannelli solari derivati da Orion MPCV e radiatori. Con questi componenti il DSH sarebbe lungo 11,5 metri e largo 4,5 permettendo di mantenere un equipaggio di 4 persone per un periodo di 60 giorni. All'interno del modulo HAB, nella parte opposta all'ingresso, si troverebbero



quattro alloggi per l'equipaggio.

Essendo piazzati sul fondo del modulo gli alloggi permetterebbero un posto tranquillo dove riposare, avere la dovuta privacy e comunicazioni private. Inoltre **gli alloggi sarebbero protetti dagli eventi di emissioni di particelle solari grazie ad una intercapedine di 10cm di spessore riempita d'acqua che fungerebbe quindi anche da serbatoio**. Accanto agli alloggi troverebbero posto zone di magazzino e postazioni scientifiche, un ECLSS (Environmental Control and Life Support System) che controlla e fornisce tutti quei parametri per la sopravvivenza

dell'equipaggio con i relativi sottosistemi ed una dispensa per la preparazione del cibo.

La dispensa sarebbe uno spazio aperto che permetterebbe a tutti e 4 i membri dell'equipaggio di pranzare tutti assieme una volta al giorno.

L'equipaggio avrebbe a disposizione un forno a microonde ed un frigorifero rispettivamente per scaldare e mantenere i cibi. Inoltre lo spazio aperto permetterebbe anche gli esercizi fisici da parte dell'equipaggio e servirebbe come sala per le riunioni o per il tempo libero e l'osservazione dalla finestra. **Il DSH HAB sarebbe fornito di un sistema igienico nuovo, più grande e aggiornato di quello utilizzato al momento sulla ISS**. Il peso totale di questa versione da 60

giorni del DSH sarebbe in totale, a pieno carico, di circa 28.751 kg. Una seconda versione del DSH è quella chiamata 500-giorni. In questa configurazione, oltre al modulo HAB ed al tunnel di comunicazione, vi sarebbe agganciato anche un modulo MPLM con boccaporto di attracco per l'Orion MPCV. Questa configurazione sarebbe lunga 18 metri e larga 4,5 e peserebbe, a pieno carico, 41.434 kg. Le uniche differenze di questa versione con quella da 60-giorni sarebbero la possibilità di avere tutto il MPLM riempito di provviste per sopportare la lunga missione. I veicoli di supporto al DSH sarebbero principalmente la capsula Orion MPCV che, grazie ai suoi spazi interni, una volta agganciata al DSH fornirebbe ulteriore spazio abitativo.

La NASA sta studiando anche un altro veicolo chiamato FlexCraft. Secondo la presentazione del DSH, **il FlexCraft è un'astronave per una persona progettata per servire/esplorare la ISS**, gli asteroidi ed i satelliti. Il FlexCraft utilizza al suo interno la stessa atmosfera del veicolo a cui è agganciata.

In questo modo può essere utilizzata in modo rapido senza i problemi di decompressione di una attività extraveicolare. **Il tempo di utilizzo per una missione della FlexCraft è di circa 8 ore ed i suoi motori utilizzerebbero azoto gassoso con un Delta-V di 21m/s e con una massa totale di circa 452 kg**.

Il secondo veicolo di supporto principale menzionato nella presentazione del DSH è il MMSEV (Multi-Mission Science Exploration Vehicle). Questo veicolo permetterebbe ad un equipaggio di due astronauti di vivere e lavorare e realizzare anche EVA visto che è fornito di due SuitPort (tute spaziali poste all'esterno del veicolo alle quali si può accedere direttamente dall'interno del MMSEV) per un periodo di almeno 14 giorni.



Il C.O.S.Mo. NEWS

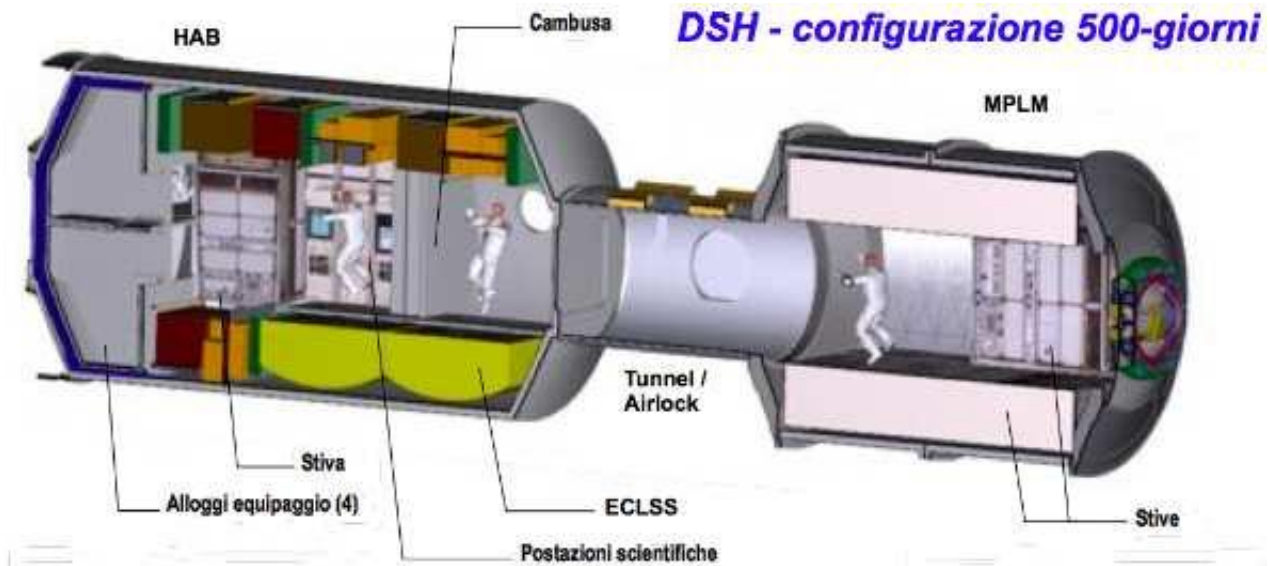
Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

In casi di emergenza il MMSEV può ospitare fino a quattro uomini di equipaggio. Il suo propellente sarebbe la mono-idrazina che fornirebbe un Delta-V di 150m/s. Le missioni con la configurazione DSH di 60 giorni potrebbero essere utilizzate per portare un equipaggio di quattro astronauti nei punti Lagrangiani del sistema Terra-Luna EM-L1 ed EM-L2, riparare satelliti in orbita geostazionaria, missioni nei punti Lagrangiani del sistema Terra-Sole ES L2, missioni orbitali lunari e missioni in volo libero di microgravità.

Invece con la configurazione 500 giorni il DSH permetterebbe di inviare quattro astronauti in complessi missioni negli asteroidi vicini alla Terra (Near Earth Asteroid - NEO) o missioni orbitali e di transito su Marte. Il DSH è stato pensato per essere lanciato utilizzando gli esistenti veicoli di lancio come gli EELV Delta IV ed Atlas V. L'utilizzazione del nuovo sistema di lancio pesante SLS non è prevista ma potrebbe comunque essere possibile. Il DSH

sarebbe assemblato e mantenuto nei pressi della Stazione Spaziale Internazionale e la sua propulsione potrebbe essere fornita da uno stadio criogenico o da un sistema spaziale elettrico.

Il modello del DSH è attualmente in fase di costruzione e permetterà nei prossimi anni di valutare la configurazione finale degli allestimenti interni ottimizzandone la disposizione e le necessità. Una possibile configurazione alternativa ipotizzata prevede di utilizzare al posto del modulo Hab derivato da Destiny, un modulo del tutto simile al Nodo-1 Unity della ISS e di un ulteriore MPLM con Cupola per la versione da 500 giorni. Nello spaccato in basso (Credit: NASA) le disposizioni interne del veicolo spaziale DSH per le missioni da 500 giorni mentre nella illustrazione precedente (Credit: NASA) la configurazione esterna del veicolo spaziale DSH per le missioni da 60 giorni.



DSH - configurazione 500-giorni

I nuovi servizi igienici



Il flexCraft





Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Fusione fredda: mito o realtà?

Di Luigi Borghi

Questo argomento lo abbiamo trattato nell'editoriale del numero precedente, lasciando aperto il problema, in attesa dei risultati dell'ormai famoso quanto misterioso E-Cat di Rossi.

Quindi ho pensato di fare cosa utile ai lettori interessati all'argomento, riproporre integralmente sulle nostre pagine l'inchiesta di *Wired.it* con l'articolo del 04 aprile 2012 di *Daniela Cipolloni*.

Se siamo ancora qui a [parlare di fusione fredda](#) 23 anni dopo la [conferenza stampa](#) in cui **Stanley Pons** e **Martin Fleischmann** (era il 23 marzo del 1989) annunciarono al mondo di aver realizzato la fusione di atomi di deuterio in un reticolo di palladio producendo un eccesso di energia, è perché non sembra facile liquidare il tutto come *junk science*, cattiva scienza. Ma è altrettanto assurdo illudersi che la fusione fredda – o come oggi si preferisce dire, le reazioni nucleari a debole energia o **Lenr** (acronimo di *Low Energy Nuclear Reactions*) – risolvano i problemi energetici e ambientali del pianeta. **Se la rivoluzione attesa non c'è stata, non è colpa di un fantomatico complotto ordito dalle lobby dei potenti.** Mettiamola così: è la fisica, bellezza. Riprodurre in una stanza, magari dentro piccoli dispositivi, ciò che tiene acceso il Sole grazie a temperature di decine di milioni di gradi Kelvin, è quanto meno complicato. Soprattutto, è **contrario alle leggi fisiche e chimiche conosciute.** “ *Si tratta di fondere elementi più leggeri in atomi più pesanti, la cui massa finale è inferiore alla somma delle masse iniziali, con rilascio di energia*”, spiega **Antonio Zoccoli**, professore ordinario di fisica all'Università di Bologna, nella giunta dell'Istituto nazionale di fisica nucleare (Infn). “ *Il problema è che per unire protoni carichi positivamente, che si respingono, è necessario vincere la forza elettrostatica e per questo sono necessarie temperature e pressioni elevate, come avviene nelle stelle*”. Ammettiamo pure che esista qualche effetto quantico ignoto che permetta quello che oggi sembra inconcepibile, la fusione nucleare a temperatura ambiente. Sta di fatto che tutte le ricerche serie finora condotte – e non sono poche – hanno racimolato **scarsi risultati**, controversi e - ahinoi - difficilmente riproducibili (**il che, in fisica, non è un buon segno**).

Così, dopo la partenza a razzo dei due scienziati statunitensi (che non erano neppure fisici nucleari, ma elettrochimici), è finita a tarallucci e vino. Molti laboratori provarono, in maniera indipendente, a

ripetere gli esperimenti, senza tuttavia riuscirci (gli stessi Fleischmann e Pons avrebbero poi ammesso errori). Qualcosa di simile a una frode, insomma. Con il passare del tempo la fusione fredda è stata ripudiata dalla gran parte della comunità scientifica. Ma un centinaio di scienziati nel mondo perseverano nell'impresa: sono mosche bianche, eppure continuano a operare all'interno di importanti centri di ricerca, in Italia e all'estero, con soldi pubblici e privati.

Due settimane fa, a fare un punto sui progressi nelle Lenr, è stato **Francesco Celani**, ricercatore dell'Infn, invitato a tenere una conferenza al Cern di Ginevra con **Yogendra Srivastava**, dell'Università di Perugia. La più eretica delle materie che entra nel tempio della scienza ufficiale. Forse un segnale che qualcosa sta cambiando? In realtà, c'è **ben poco per cui entusiasinarsi.**

Qualcosa di anomalo ogni tanto si verifica, e questo è documentato da più di vent'anni di ricerche, il problema è che non si conoscono bene i parametri in gioco per rendere il fenomeno riproducibile, dice Celani. Se i dati sperimentali sono confusi, si brancola nel buio dal punto di vista teorico: “ *Sono stati proposti circa 150 modelli per spiegare le stranezze della materia condensata*”, dice Celani, “ *la più verosimile è la teoria di Widom-Larsen*”, ma un impianto solido, in realtà, non esiste.

Celani sostiene anche che ricerche di rilievo siano state insabbiate e venute a galla negli ultimi anni. Ma - ammesso che sia vero - **ci vuol tanto a dimostrare, una volta per tutte, che la fusione fredda può funzionare?** Per di più, anche gli esperimenti favorevoli all'ipotesi pubblicati su riviste scientifiche con *peer-review*, riferiscono un eccesso di energia di poche decine di watt. Il **Cern**, in tutto ciò, come la vede? “ *Ci sono fenomeni intriganti nelle reazioni nucleari a bassa energia ancora in fase di studio*”, spiega a *Wired.it* il portavoce **James Gillies**: “ *Il Cern non conduce ricerche in questo campo, ma abbiamo un programma di conferenze molto vasto per consentire ai nostri scienziati di esser aggiornati sugli sviluppi in molte branche della fisica*”. Anche l' **Enea**, l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile, non demorde. Non è vero che dopo il famoso **Rapporto 41** la partita si è chiusa. L'anno scorso, sulla rivista bimestrale dell'Enea, Vittorio Violante e colleghi del Centro di ricerche di Frascati facevano il punto della situazione



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

scrivendo che **"i risultati raggiunti eliminano dubbi sull'esistenza del fenomeno e aprono interessanti prospettive per la sua definizione"**.

Già, perché non è affatto chiaro se queste anomalie riportate in vari esperimenti coinvolgano reazioni nucleari, o piuttosto, chimiche. In conclusione del focus, i toni si stemperano: *"non c'è davvero la possibilità di esprimersi né su ipotetiche applicazioni né sulla possibilità di studi di natura tecnologica senza aver prima definito la fisica del sistema. Non sappiamo ancora se potranno esserci applicazioni di qualche genere"*. D'altronde, **una fonte d'energia deve essere affidabile**: se faccio il pieno dell'automobile so quanti chilometri posso percorrere, se premo l'interruttore della luce so che la lampadina si accende. **Sarebbe assai poco pratico un apparecchio Lenr che funziona una volta sì e 100 no**, come e quando pare a lui. I sostenitori delle Lenr non mancano alla Nasa, al Mit, all' Agenzia di ricerca della Marina statunitense, anche se si tratta più che altro di esperienze isolate. Stringi stringi, la fusione fredda o qualunque cosa essa sia, sembra dannatamente elusiva: tanti indizi, **nessuna prova**.

Poi l'anno scorso, spunta un imprenditore: Andrea Rossi, già salito alla ribalta delle cronache giudiziarie in passato per una pesante ecotruffa (20 anni fa prometteva di trasformare i rifiuti in petrolio).

Rossi si affianca a un anziano professore di fisica in pensione, **Sergio Focardi**, dell'Università di Bologna, e insieme i due annunciano di aver realizzato la macchina perfetta della fusione fredda: **E-Cat**, che sta per *catalizzatore di energia*, un dispositivo grande come due scatole di scarpe che fonderebbe nuclei di idrogeno e atomi di nichel (con l'aggiunta di un misterioso ingrediente segreto), generando come unica scoria dell'innocuo rame. Niente radiazioni, niente gas inquinanti, materia prima a basso costo e abbondante. La produzione d'energia sarebbe enorme: 10 kW, a fronte di meno di un 1 kW in entrata. E, *dulcis in fundo*, il processo è controllato, riproducibile, funziona sempre. Insomma, tutti i problemi con cui si è scontrata per vent'anni la ricerca sulle Lenr, risolti in un colpo solo.

Wow!!! Sarebbe fantastico, se fosse vero. Questa sì che sarebbe la soluzione ai mali del mondo.

Peccato ci siano mille ragioni per essere davvero molto perplessi sulla vicenda.

Nessun ricercatore ha potuto guardare nel dispositivo e fare verifiche indipendenti di cosa avvenga dentro E-Cat.

Nel corso delle dimostrazioni a porte chiuse avvenute a Bologna - con l'apparecchio completamente avvolto dalla carta stagnola -, l'unica misura esterna effettuata ha dato esito negativo. *"Se nel dispositivo avvenisse davvero la fusione nucleare (con la produzione d'energia dichiarata, non potrebbe essere una reazione chimica), beh', dovrebbero prodursi raggi gamma"*, dice Antonio Zoccoli: **"Ma quando abbiamo posizionato rivelatori accanto all'apparecchio, praticando dei fori nella schermatura di protezione, non abbiamo osservato alcuna emissione"**.

Se d'altronde quell'emissione ci fosse stata, **avrebbe incenerito gli astanti**. Come spiega dettagliatamente in questo post **Ethan Siegel**, astrofisico statunitense, anche i pochi dati a disposizione su E-Cat sono sufficienti per affermare che le reazioni proclamate sono semplicemente **impossibili**.

Su E-Cat non sono stati pubblicati lavori scientifici **(non inganni il Journal of Nuclear Physics, che a dispetto del nome altisonante, è un blog aperto dagli stessi Rossi e Focardi)**.

Credere a E-Cat è **come credere a un miracolo**: un atto di fede. Intanto, il tempo passa, e i nodi vengono al pettine: **il brevetto non approvato, il contratto non onorato con l'Università di Bologna e rescisso, altisonanti affermazioni ritratte**⁽¹⁾. Eppure, basterebbe poco per zittire le malelingue: **accettare il processo di revisione scientifica**. L'appello è bipartisan, sia da parte di chi studia la fusione fredda come Celani, sia di chi appartiene alla corrente *mainstream*, come Zoccoli. *"Non abbiano timori di sottoporre il dispositivo alle verifiche sperimentali"*, rinnova l'invito Zoccoli: *"Vincerebbero il Nobel, altro che brevetto"*.

È più che legittimo sospettare che, in buona fede, sia stato fatto un errore di misura. A pensar male, invece, che dentro E-Cat si nasconda l'inganno. E per la fusione fredda sarebbe il colpo di grazia.

⁽¹⁾*Un ispettore dell'Ufficio di presidenza della Florida per il controllo delle radiazioni ha riferito che Rossi gli ha detto "non avvengono reazioni nucleari nel corso del processo"*



Il C.O.S.M.O. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.M.O." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

I piani spaziali Russi fino al 2030

Di Luigi Borghi

Nel numero precedente abbiamo parlato dei programmi della NASA per il prossimo anno, quindi mi sembra giusto dare spazio anche alla Roscosmos russa con una carrellata dei suoi programmi, a mio avviso molto ambiziosi, che spaziano fino al 2030. Questo articolo è stato tratto dal sito NEWS SPAZIO e dal sito dell'agenzia russa (ovviamente in inglese) <http://www.roscosmos.ru/main.php?lang=en>

L'Agenzia Spaziale della Federazione Russa (Roscosmos) ha presentato nei giorni scorsi al Governo un progetto di esplorazione spaziale per i prossimi anni.

Secondo quanto pubblicato dall'agenzia di stampa Russa Ria Novosti in cantiere vi sono progetti con obiettivi molto ambiziosi, tra cui l'esplorazione con sonde automatiche di Marte, Giove e Venere e l'invio di cosmonauti sulla Luna, tutto entro il 2030.



Il nuovo razzo Angara, foto credit Roscosmos

Entro il 2020 il nuovo razzo Angara diventerà il razzo principale per i lanci spaziali, prendendo il posto di Soyuz e Proton. Tra i suoi possibili payload anche la nuova navicella spaziale manned in grado di trasportare sei cosmonauti (navicella il cui progetto ad oggi non è ancora noto).

I lanci avverranno dal nuovo cosmodromo di Vostochny (Russia dell'Est) diminuendo così la

dipendenza da Baikonur (il quale essendo all'interno dei confini del Kazakistan è utilizzato 'in affitto').

La costruzione del nuovo centro spaziale dal costo di 20 miliardi di dollari USA è iniziata l'anno scorso ed il suo completamento è previsto per il 2018.

Entro il 2030 la Russia invierà nuove sonde per collezionare campioni di suolo Lunare, realizzare alcune basi sulla Luna e forse lanciare una stazione spaziale che orbiterà intorno al nostro satellite. Il programma culminerà con l'allunaggio di esseri umani.

Tutto questo farà da laboratorio di training per le esplorazioni di altri corpi celesti, con sonde da inviare su Giove e Venere.

Roscosmos e NASA stanno valutando un programma congiunto per inviare cosmonauti su Marte e realizzare una rete di basi sulla sua superficie. Secondo i piani entro 18 anni la tecnologia riuscirà a fornire una soluzione praticabile per un volo su Marte.

Secondo quanto dichiarato dal Capo della Roscosmos Vladimir Popovkin il nuovo programma costerà tra 5 e 7 miliardi di dollari l'anno. Sempre secondo i piani la nuova strategia è attrarre capitali anche da investitori privati supervisionati da un nuovo organismo governativo lo Space Council.

Certamente l'ambiziosità di questo nuovo programma male si colloca nell'attuale contesto del programma spaziale Russo, caratterizzato dai molti problemi sofferti lo scorso anno, un record negativo di cinque missioni fallite. Di positivo vi è il continuo aumento di sinergie tra russi e resto dell'occidente (Europa Usa e Giappone), ma un ruolo importante avrà sicuramente la Cina che continua a mietere progressi sempre più significativi. Una missione umana su Marte sarebbe molto meno impegnativa dal punto di vista economica se fosse coinvolto anche il paese del drago.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale “Il C.O.S.Mo” - e-mail: info@cosmo.net” - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 -numero 2 1/6/2012

Le Micro/nanotecnologie: Processi additivi

Di **Benedetta Marmioli**

Nel presente articolo continuerò a descrivere i processi più comunemente utilizzati per produrre microdispositivi. In particolare mi soffermerò sui *processi additivi* che consentono di depositare materiale all'interno delle microstrutture ottenute dopo l'esposizione e lo sviluppo di un resist. Lo schema del processo è riportato nella figura seguente.

Schema del processo litografico e del successivo processo additivo.

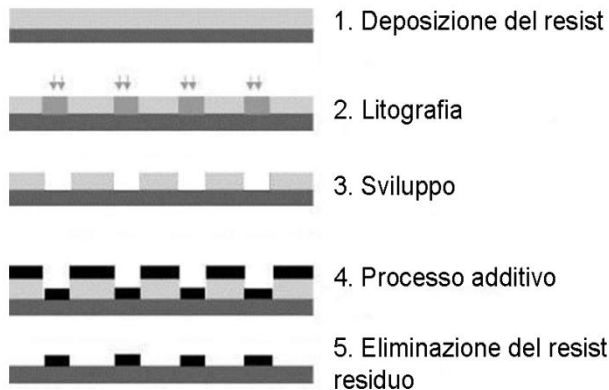


Tabella con i principali metodi di deposizioni di materiali dielettrici e semiconduttori su microstrutture realizzate mediante tecniche di litografia.

I materiali che possono essere depositati con processi additivi sono di vario tipo:

semiconduttori, metalli, leghe metalliche, ossidi, solo per citarne alcuni. Vi sono vari metodi di deposizione. Ognuno di essi influisce in modo diverso sulle caratteristiche finali del materiale. Come nelle tecniche sottrattive, la scelta dei parametri di processo è fondamentale per ottimizzare le proprietà desiderate. A questo proposito, si parla di vere e proprie “ricette” di processo.

Una tabella che riporta i metodi più comuni di deposizione di materiali semiconduttori e di dielettrici all'interno di microstrutture è riportata a fondo pagina.

Le varie sigle presenti in tabella corrispondono ai seguenti acronimi:

LPCVD = *Low Pressure Chemical Vapor Deposition* cioè deposizione chimica in fase vapore a bassa pressione

APCVD = *Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition* cioè deposizione chimica in fase vapore a pressione ambiente

PECVD = *Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition* cioè deposizione chimica in fase vapore assistita da plasma

Epitaxy = *Epitassia*

PVD = *Physical Vapour Deposition* cioè deposizione fisica in fase di vapore

Materiale	Conversione termica	LPCVD	APCVD	PECVD	Epitassia	PVD	ALD/ALE	Spin cast
Silicio		X		X	X	X		
Ossido di silicio	X	X		X		X		X
Nitrato di silicio		X		X				
Silicio-Germanio		X		X				
Germanio		X						
Carburo di silicio		X	X	X	X	X	X	
Diamante		X						
Carbonio				X		X		
Arsenuro di Gallio					X			
Fosforo di indio					X			
Ternari III-V					X			
Nitrato di Gallio					X			
Ossido di alluminio (allumina)							X	
Ossido di zinco							X	



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

ALD = Atomic Layer Deposition cioè deposizione di uno strato atomico

ALE = Atomic Layer Epitaxy cioè epitassia di uno strato atomico

Daró ora una breve descrizione di ciascun processo. Queste sono tecniche ampiamente utilizzate in microelettronica.

Conversione termica

Il processo di conversione termica piú famoso nel campo della microfabbricazione e' l'ossidazione termica del silicio. Il silicio é il materiale principalmente utilizzato nella microelettronica anche grazie all'ossido passivante che si crea con molta facilitá sulla sua superficie. Gli ingegneri di processo si riferiscono comunemente a tale strato come ad "ossido di silicio", ma tecnicamente, in base alla composizione chimica, esso é definito *biossido di silicio*: SiO_2 .

Il biossido di silicio si forma naturalmente sulla superficie del silicio mediante il processo di ossidazione. L'ossidazione é un processo di conversione controllato termicamente che avviene in un ampio intervallo di temperature, compresa la temperatura ambiente. Quando si forma a temperatura ambiente, l'ossido di silicio viene definito *ossido nativo* ed ha uno spessore di circa 1-2 nm. Pero', se si vogliono realizzare microdispositivi, si necessita di spessori piú elevati (da centinaia di nm a decine di micrometri) per cui occorrono processi adeguati. Di tutti i processi di crescita di film sottili utilizzati in microfabbricazione, quello dell'ossido di silicio é il piú semplice e diretto. Esso é definito *ossidazione termica* e richiede quindi, a parte il substrato di silicio stesso, un'elevata temperatura e la presenza di un gas ossidante. Per ottenere spessori superiori a 100 nm in un tempo ragionevole, occorre raggiungere temperature intorno ai 1000°C.

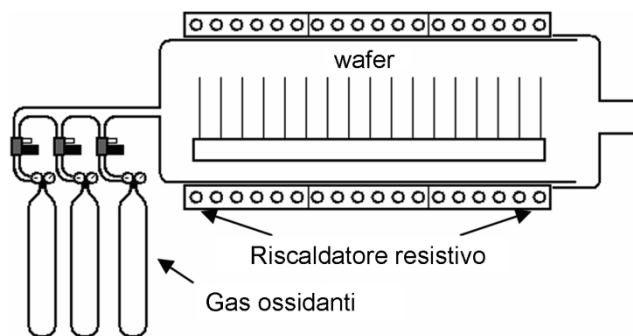
L'ossidazione termica si effettua prevalentemente a pressione atmosferica in ambiente ossidante, che può essere costituito solo da ossigeno, da una miscela di idrogeno ed ossigeno, o da vapore acqueo. L'ossidazione in ossigeno viene chiamata *ossidazione a secco* (*dry oxidation*), mentre quella in miscela o in vapore acqueo viene definita *ossidazione ad umido* (*wet oxidation*). Tra tutti i processi di conversione termica per microfabbricazione, l'ossidazione termica del silicio é la piú studiata e

compresa, anche a causa della sua grandissima importanza nel campo della microelettronica.

Il processo di ossidazione termica viene effettuato all'interno di una fornace, che viene normalmente operata nel cosiddetto stato stazionario in cui i parametri di processo, come temperatura e flusso dei gas, rimangono costanti per tutta la durata del processo. Altri parametri importanti per la corretta riuscita del processo sono:

- 1) Flusso dei gas ossidanti alla superficie del substrato (nel nostro caso silicio).
- 2) Flusso dei gas attraverso l'ossido di silicio pre-esistente per raggiungere l'interfaccia ossido-silicio (dipende dal coefficiente di diffusione del gas nell'ossido).
- 3) Flusso che descrive il processo di conversione chimica (dipende dalla cinetica della reazione di ossidazione).

Lo schema di una tipica fornace per l'ossidazione termica del silicio é riportato nella figura sottostante. Essa é costituita da un lungo cilindro di quarzo capace di alloggiare fino ad oltre 100 wafer di silicio. I wafer vengono caricati a distanza di pochi millimetri uno dall'altro. Il quarzo é incamiciato in un riscaldatore resistivo che può superare la temperatura di 1200°C. Il processo avviene a pressione ambiente. Quando non é in uso, la fornace viene mantenuta a 600-800°C sotto continuo flusso di gas inerti (ad esempio azoto). Durante l'utilizzo, l'azoto viene sostituito dall'ossigeno o dalla miscela o dal vapore acqueo. Il flusso dei gas in ingresso é controllato da opportuni flussimetri di massa per garantire la corretta portata e le concentrazioni relative dei gas.



Schema di una fornace per ossidazione termica (copyright referenza 1 della bibliografia).

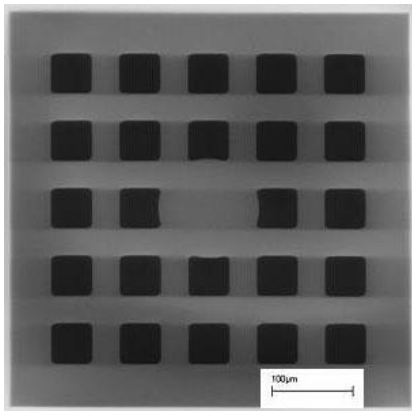


Il C.O.S.M.O. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.M.O." - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Nella figura sottostante si riporta una griglia di finestre di ossido di silicio con spessore inferiore a 20 nm che funge da supporto per campioni da osservare con il *microscopio elettronico a trasmissione (TEM)*.

Griglia di finestre di ossido di silicio (marca PELCO) vendute commercialmente come supporto campioni per il TEM. (Copyright Ted Pella Inc. CA, USA)



Chemical Vapor Deposition

La deposizione chimica in fase di vapore (CVD) è uno dei metodi più utilizzati in microfabbricazione per depositare semiconduttori e dielettrici sui MEMS. È un processo per cui un film sottile si forma su un substrato riscaldato per effetto della deposizione di componenti in fase di vapore. Il vapore è costituito da gas che contengono gli elementi che andranno a costituire il film. Questi gas, detti *precursori*, vengono introdotti nella camera dove avviene il processo in maniera controllata così da definire con precisione la miscela dei gas e la pressione di deposizione.

I parametri di processo (la portata dei gas, la pressione all'interno della camera e la temperatura del substrato) sono selezionati in modo tale da garantire la dissociazione dei precursori nei componenti desiderati. In questo modo si controlla la composizione del film di materiale che si forma sul substrato e si evita che il materiale desiderato non si formi nella fase di vapore. Infatti, la reazione dei componenti già in fase di vapore potrebbe portare ad una contaminazione indesiderata di particelle ed alla formazione di difetti nel film.

Ci sono vari motivi per cui la CVD è ampiamente utilizzata. Per esempio i precursori del silicio e dei

suoi derivati sono di elevata qualità, si dissociano velocemente nei reagenti desiderati e sono disponibili commercialmente.

Nella maggior parte dei casi, i precursori sono in fase gassosa a temperatura ambiente, per cui il loro convogliamento nella camera di reazione avviene con discreta facilità. In alcuni casi, i precursori sono in fase liquida a temperatura ambiente. In queste circostanze si utilizzano gas inerti come l'azoto o reattivi come l'idrogeno per trasportare nella camera i precursori in fase di vapore. Frequentemente i precursori gassosi sono già all'inizio diluiti in un gas che li trasporta (*carrier*) così da consentirne un immagazzinamento sicuro.

Si possono inoltre avere gas per la modifica della conduttività elettrica del film, detti anche *gas droganti (doping gases)* in modo da modificare direttamente sul posto (in-situ) il film mentre viene formato, con un processo che viene definito *drogaggio* del film.

A questo proposito apro ora una piccola parentesi: a cosa serve il drogaggio in un film di semiconduttore?

La conduzione di corrente in un semiconduttore come il silicio avviene attraverso i cosiddetti *elettroni liberi* e *lacune*. Le lacune non sono particelle vere e proprie ma rappresentano la mancanza di un elettrone. Questa mancanza, o appunto lacuna, può essere considerata come la controparte carica positivamente dell'elettrone carico negativamente. Gli elettroni liberi sono spesso per comodità indicati semplicemente come "elettroni", ma si deve tenere ben presente che la maggioranza degli elettroni in un solido non è libera e non contribuisce alla conduttività. Drogare un semiconduttore come il silicio con atomi di impurità (ad esempio fosforo e boro) dà origine ad un numero non uguale di elettroni liberi e lacune. Un drogaggio elevato può rendere un semiconduttore un buon conduttore.

Quando un semiconduttore drogato contiene più lacune che elettroni liberi è chiamato di *tipo p*, mentre se contiene più elettroni liberi di lacune è chiamato di *tipo n*. I materiali semiconduttori nei dispositivi sono quasi sempre accuratamente drogati per scopi ingegneristici.

Ma torniamo al processo CVD. Esso, per sua stessa natura, può essere facilmente implementato su larga scala. I reattori commerciali per CVD tipicamente possono caricare

Associazione Culturale "Il C.O.S.M.O." (Circolo di Osservazione Scientifico-tecnologica di Modena); C.F.:94144450361 **pag: 28 di 33**

Questa rivista, le copie arretrate, i suoi articoli e le sue rubriche, non possono essere duplicati e commercializzati. È vietata ogni forma di riproduzione, anche parziale, senza l'autorizzazione scritta del circolo "Il C.O.S.M.O.". La loro diffusione all'esterno del circolo è vietata. Può essere utilizzata solo dai soci per scopi didattici. - **Costo:** Gratuito sul WEB per i soci - **Arretrati:** Disponibili e gratuiti sul WEB per i soci.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

contemporaneamente 50 wafers aventi diametro fino a 20 cm. Infatti tali sistemi in origine sono stati inventati per la microelettronica e sono successivamente stati estesi alla produzione di MEMS.

Un processo CVD in generale richiede i seguenti passi:

- 1) Trasporto dei precursori alla superficie del substrato.
- 2) Processi superficiali che includono: adsorbimento dei precursori sulla superficie del substrato, dissociazione dei precursori nei reagenti, migrazione dei reagenti nei siti di reazione (zone del substrato dove avverrà la reazione di deposizione del film)
- 3) Desorbimento dei prodotti di reazione di scarto, cioè che non vanno a costituire il film, dalla superficie del substrato.

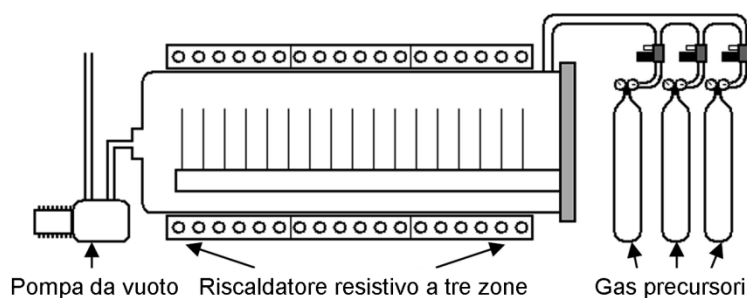
Questi concetti valgono per tutti i processi CVD.

Descriverò ora brevemente i vari tipi di CVD impiegati.

LPCVD

Un tipico reattore per la deposizione chimica in fase di vapore a bassa pressione è riportato nella figura sottostante.

Schema di un tipico sistema LPCVD per produzione su larga scala (copyright referenza 1 della bibliografia).



Il reattore è composto da un lungo tubo orizzontale di quarzo fuso che costituisce la camera di reazione. Le sue dimensioni consentono di allocare 50 wafers. Esso è sigillato

ermeticamente in modo da lavorare a bassa pressione (nell'intervallo di decimi-centesimi di millibar).

All'interno del reattore si raggiunge una temperatura che può raggiungere i 1000°C tramite un riscaldatore resistivo che avvolge il tubo.

I gas precursori vengono introdotti mediante un collettore di gas connesso ad una delle pareti sigillate agli estremi del tubo (se non ad entrambe). Il collettore contiene flussimetri e valvole per ogni gas. I flussimetri sono tarati su ciascun gas specifico per aumentarne la precisione. Infatti dalla portata di ciascun gas deriva la sua pressione parziale nella camera di reazione.

Le portate dei gas vengono espresse in *centimetri cubici standard per minuto: cc/min o sccm*.

Oltre ai gas precursori, il collettore contiene flussimetri per ogni eventuale gas drogante, per i gas inerti utilizzati per la pulizia e per i gas di trasporto.

Come già accennato, i vapori derivanti da precursori liquidi possono essere introdotti nella camera di reazione facendo passare il gas carrier appropriato attraverso il contenitore del precursore.

Per mantenere la pressione di deposizione desiderata si attacca un sistema di vuoto all'estremità del tubo opposta rispetto a quella di ingresso dei gas. I processi LPCVD si eseguono tipicamente ad una temperatura compresa 400 e 900°C.

APCVD

L' APCVD è un processo CVD che viene svolto a pressione atmosferica., per cui non richiede un controllo di pressione attivo durante il suo svolgimento. Esso è quindi adatto alla crescita di singoli cristalli di silicio, carburo di silicio ed elementi che richiedono che il substrato su cui si deposita il film sia posto a temperatura elevata.

Come esempio, uno schema di un reattore APCVD per la deposizione di carburo di silicio è riportato nella figura seguente.

Il reattore può essere orientato sia in direzione verticale che orizzontale ed è costituito da una camera di reazione a tubo di quarzo con doppia parete.

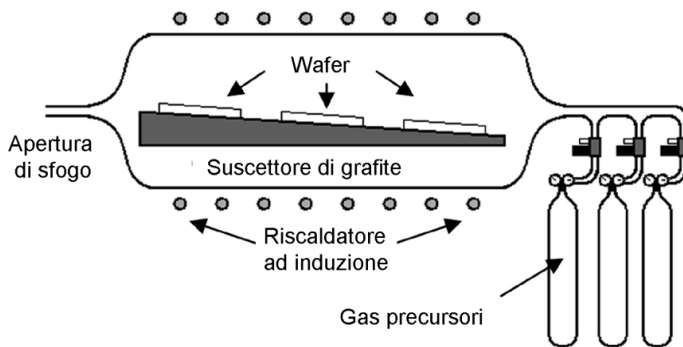


Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

Nell'intercapedie tra le due pareti si fa circolare l'acqua di raffreddamento. Attraverso la circonferenza del tubo sono poste delle bobine di induzione connesse ad un generatore di radiofrequenza. I substrati vengono montati su un suscettore a forma di cono riscaldato induttivamente. Un *suscettore* è un materiale che possiede la proprietà di assorbire energia elettromagnetica e convertirla in calore. L'energia elettromagnetica impiegata nel campo industriale è principalmente radiofrequenza o microonde.

Schema di un tipico sistema orizzontale APCVD per la deposizione di carburo di silicio (copyright referenza 1 della bibliografia).



I gas precursori sono mescolati ad un gas carrier che è alimentato ad alta portata, spesso dell'ordine di grandezza del *litro standard al minuto (slm)*. Essa serve ad ottenere un processo più efficiente. Infatti sul substrato si forma uno strato intermedio (detto *boundary layer*) che rallenta la diffusione dei gas precursori sul substrato vero e proprio e quindi il processo di deposizione. Aumentando la portata, questo strato intermedio diventa più sottile.

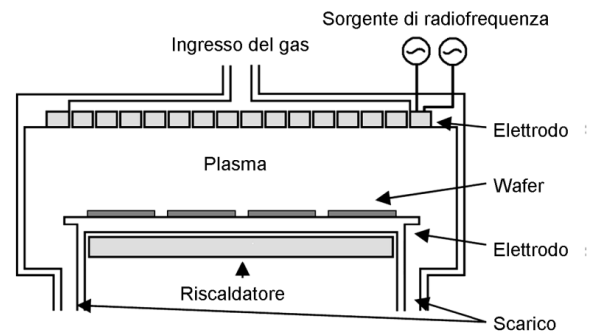
L'elevata temperatura del substrato invece aumenta la velocità di reazione dei gas precursori. Nell'APCVD il film cresce più velocemente che nella PECVD, ma nella camera di reazione si possono mettere meno substrati per problemi fisici legati al processo.

Per questo motivo, e per via dei tempi di preparazione del reattore per il processo, l'APCVD ha una produzione più limitata rispetto alla PECVD. A causa di ciò, l'APCVD non viene impiegata per depositare film su MEMS. L'unica eccezione è costituita dal carburo di silicio e dal silicio policristallino ad alto spessore (> 10 µm)

PECVD

Nella PECVD la deposizione viene assistita da un plasma.

Nella figura seguente è riportato lo schema di un reattore tipico per la PECVD.



Schema di un sistema per PECVD. (copyright referenza 1 della bibliografia).

Come per la LPCVD, anche il reattore della PECVD è composto da una camera da vuoto, un sistema di pompaggio e da un collettore per l'alimentazione dei gas. Il collettore in effetti è molto simile, cambia solo il tipo di gas.

Nella PECVD possono essere utilizzati sia precursori liquidi che gassosi.

Il processo PECVD viene impiegato principalmente per depositare film di materiali dielettrici come l'ossido di silicio ed il nitruro di silicio. Si possono però depositare anche semiconduttori policristallini (cioè costituiti da cristalli disallineati) ed amorfi (in cui non c'è ordine a lungo raggio nella posizione degli atomi o delle molecole che li costituiscono). In questi casi, si aggiungono gas droganti per modificare la conduttività.

Il sistema di pompaggio del vuoto è simile a quello della LPCVD. Le principali caratteristiche che distinguono la PECVD dalla LPCVD sono nella camera di reazione. Prima di tutto, nel caso della PECVD, la camera è costituita da acciaio inossidabile. Questo è dovuto al fatto che il campione viene riscaldato tramite un riscaldatore resistivo interno che è collegato direttamente con il portacampioni della camera.

Oltre al riscaldatore, la camera contiene anche due elettrodi di ampia superficie. Essi sono utilizzati per generare il plasma nella camera.

Il portacampioni su cui si monta il substrato su cui depositare il film viene collegato alla terra e l'altro



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

elettrodo viene connesso ad un generatore RF, che tipicamente lavora con una frequenza di 13.56 MHz, creando così l'elevato campo elettrico necessario alla formazione del plasma (come già descritto in un precedente articolo).

Gli elettroni ad elevata energia che si formano interagiscono con i gas precursori, che si dissociano nei loro componenti. Tali componenti migrano sulla superficie del substrato, vengono adsorbiti e vanno a costituire il film.

Come descritto efficacemente da wikipedia, l'*adsorbimento* è il meccanismo chimico-fisico per cui molecole, atomi o ioni instaurano tra loro un'interazione di tipo chimico-fisico, attraverso forze di Van der Waals, o elettrostatico sulla superficie di interfase, dove l'interfase è la superficie di separazione tra due diverse fasi (nel nostro caso solida e gassosa).

La concentrazione e la composizione dei radicali liberi che si formano nel plasma sono molto importanti, essendo i radicali altamente reattivi.

Il processo di formazione del film è influenzato dal bombardamento della superficie del substrato da ioni ed elettroni che sono accelerati dal campo elettrico.

Poiché il plasma fornisce una quantità rilevante di energia sotto forma non termica, la deposizione del film può avvenire a temperature molto inferiori a quelle che sarebbero richieste se si depositasse lo stesso materiale con la LPCVD. Questo risulta molto vantaggioso quando sono richiesti film sottili per la passivazione (protezione dalla corrosione) o per la protezione chimica o meccanica di strutture sensibili all'ambiente.

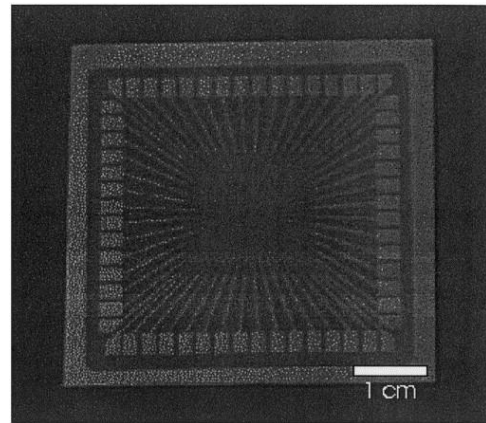
I processi tipici di deposizione tramite PECVD avvengono a temperature che solitamente non superano i 400°C.

Esempi di strutture realizzate usando tecniche di CVD

Riporto ora qualche foto relativa a microstrutture ottenute con processi di CVD.

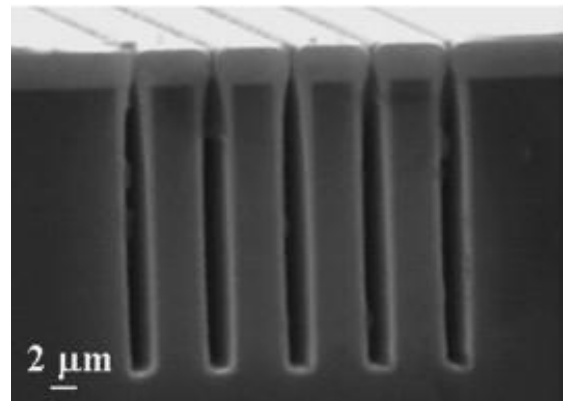
Il primo esempio è costituito da una serie di microelettrodi in silicio policristallino e nitruro di silicio depositato per LPCVD come strato isolante.

Microelettrodi per la stimolazione e la misura del segnale extracellulare delle cellule (copyright referenza 3).



Nella figura seguente riporto invece una struttura in silicio ricoperta da germanio depositato per PECVD

Film di germanio spesso 2 µm depositato su una struttura di silicio larga 2 µm e profonda 10 µm. Il film è depositato tramite PECVD (Copyright referenza 4).



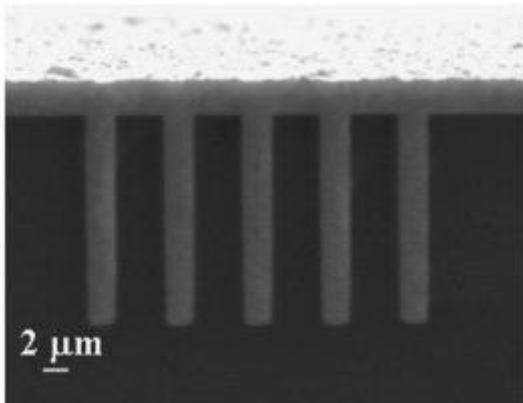
Nella figura successiva invece è presentata la stessa struttura di silicio, ma stavolta essa è ricoperta da germanio depositato con la tecnica LPCVD. Si può notare che con le due tecniche si ottengono risultati diversi. Questo conferma la grande flessibilità che si può ottenere tramite diverse tecniche di deposizione per realizzare microstrutture su misura con le proprietà desiderate.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 -numero 2 1/6/2012

Stessa struttura della figura precedente, ma il film é depositato tramite PECVD (Copyright referenza 4).



Nel prossimo articolo procederó con la descrizione dei processi additivi.

Bibliografia

1. C.A Zorman, R.C. Roberts, L. Chen, Additive processes for semiconductors and dielectrics, *Handbook of MEMS*, 2011.
2. http://it.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_a_s_emiconduttore
3. V. Buchera, M.I Graf, M. Stelzle, W. Nischa, Low-impedance thin-film polycrystalline silicon microelectrodes for extracellular stimulation and recording, *Biosensors and Bioelectronics*, Volume 14, Issue 7, October 1999, Pages 639–649.
4. S. Sherif, SiGe: An attractive material for post-CMOS processing of MEMS, *Microelectronic Engineering*, Volume 84, Issue 11, November 2007, Pages 2491–2500.



Il C.O.S.Mo. NEWS

Rivista del circolo culturale "Il C.O.S.Mo" - e-mail: info@cosmo.net - Via B.Buozzi, 339/2 - 41122 Modena - Anno 4 - numero 2 1/6/2012

G-Astronomia: Il dessert di Gaetano

di Luigi Borghi

Venerdì 9 marzo siamo andati a soffrire, nell'ambito della nostra tradizionale cena di lavoro del gruppo di redazione, nella mitica **Trattoria "Aldina", in Via Luigi Albinelli, 40.**

Dopo una intensa discussione a base di gnocchi al tartufo, tortelloni di zucca e tagliatelle ai funghi, passando poi attraverso un leggerissimo stinco di maiale con patate al forno seguito da delle squisite frittelle di baccalà, aiutati da un lambrusco il cui unico difetto era quello di finire subito, siamo arrivati infine al dessert.

Lì ci accorgemmo che dell'obiettivo della serata, cioè decidere chi scrive e cosa, non ne avevamo ancora parlato forse perché troppo impegnati nell'altro tipo di attività che coinvolgeva comunque la bocca e non consentiva pertanto di parlare.

Mentre stavamo riassumendo appunto il tema della serata, arriva il dessert. Fu un tragico ammutinamento! Il silenzio calò sul nostro tavolo e riprese l'attività di prima, Mangiare!

Il colpo mancino è stato inferto dallo **Chef Gaetano Strippoci**. Il malandrino ci ha servito una specie di budino di zucca, presentato in piccole porzioni a forma di tortino, tutti uguali, del diametro di circa cinque o sei centimetri, un colorino giallo pallido, che da vedere così non sembravano un gran che! Invece erano una bomba! Una leccornia incredibile che ci ha spinto a convincere Gaetano a fornirci la ricetta. Eccola qua e non dimenticatevi di richiederlo quando andrete a mangiare da Aldina.

Dosi adatte per una ventina di stampini:

- 300g di polpa di zucca preventivamente cotta.
- 300g di panna fresca.
- 130g di zucchero.
- 3 uova.
- 50g di liquore di mandorle.
- 1 bustina di vanilina

Portare in ebollizione la panna, aggiungere man mano tutti gli ingredienti, quindi mescolare con la polpa di zucca e passare poi il composto negli stampini (preventivamente caramellati o "burrati", per evitare che il composto si attacchi alle pareti dello stampino). Metterli poi in forno a bagnomaria per un'ora a 170°.

Buon appetito!

Non è lui ma ci assomiglia moltissimo!



E questa è la trattoria

