



ENFORSPACE

Printable and flexible integrated systems for simultaneous energy generation, conversion and storage for space applications-EN4SPACE



STEP 1 Bando Tecnologie Spaziali Innovative	Data di inizio 19/12/2024
TRL target: 4	Durata 24 Mesi

SINTESI PROGETTO

Il Sistema di Alimentazione Elettrica (EPS) di un veicolo spaziale comprende la generazione, l'accumulo e la distribuzione di energia elettrica. L'EPS è un sottosistema fondamentale e critico per il funzionamento di un veicolo spaziale e occupa comunemente una porzione significativa del suo volume e della sua massa. Le tecnologie attualmente in uso prevedono la costruzione di unità di alimentazione e accumulo separate, con un impatto significativo sul peso del veicolo spaziale e una durata limitata. L'obiettivo di EN4SPACE è ridurre il peso complessivo del sistema di alimentazione e accumulo progettando, implementando e ottimizzando un dispositivo integrato per la generazione e l'accumulo di energia su substrato flessibile, destinato ad applicazioni spaziali. L'unità di generazione di energia sarà composta da moduli solari in perovskite (PSM) e generatori termoelettrici (TEG), entrambi realizzati su substrati flessibili attraverso processi di produzione basati sulla deposizione in soluzione, mentre l'unità di accumulo/immagazzinamento dell'energia sarà costituita da batterie agli ioni di litio flessibili. L'integrazione delle due funzioni di generazione e accumulo di energia è unica nel suo genere e rappresenta un obiettivo ambizioso. L'obiettivo finale è ottenere un dispositivo integrato con un peso massimo di 600 g/m², costituito da un modulo fotovoltaico con un'efficienza del 12%, un dispositivo termoelettrico con un fattore di potenza superiore a 100 $\mu\text{W}/\text{mK}^2$ e una batteria agli ioni di litio flessibile con $\geq 150 \text{ Wh kg}^{-1}$, $\geq 500 \text{ Wh Kg}^{-1}$, ≥ 500 cicli.

PRINCIPALI ATTIVITA'

Il progetto EN4SPACE mira a creare un sistema integrato e flessibile di generazione di energia, combinando fotovoltaici flessibili in perovskite e generatori termoelettrici con un sistema di accumulo costituito da una batteria agli ioni di litio realizzata con elettroliti allo stato solido.

Per quanto riguarda il dispositivo fotovoltaico a perovskite, l'attività si concentrerà sulla scelta dell'architettura del dispositivo (diretta o invertita, a seconda che lo strato di trasporto degli elettroni o delle lacune sia a contatto con l'elettrodo semitrasparente), sulla formulazione dello strato attivo in perovskite, sull'uso di specifici strati di trasporto della carica, sull'impiego di materiali di interfaccia aggiuntivi per limitare la ricombinazione dei portatori e sull'uso di incapsulanti specifici per ridurre l'effetto degli agenti esterni. Per gli strati di trasporto della carica, si prenderà in considerazione lo sviluppo di HTM (Materiali di Trasporto delle Lacune) con un alto contenuto di zolfo, mentre le formulazioni di perovskite saranno scelte per ridurre l'invecchiamento dovuto all'ambiente spaziale. Inoltre, verranno testati alcuni materiali polimerici come incapsulanti (con particolare riferimento alle resine termoindurenti) che possono minimizzare l'interazione dello strato attivo con gli agenti esterni. A tal fine, sarà valutata la possibilità di inserire riempitivi (in)organici nella formulazione; questi ultimi potranno anche svolgere la funzione di filtrare la radiazione ultravioletta, che può indurre la degradazione del film di perovskite.

Per la generazione termoelettrica, il progetto mira a realizzare un portafoglio di soluzioni tecnologiche. Saranno studiati due diversi tipi di materiali: a) semiconduttori organici supportati da metodi chimici e fisici per aumentare la conduttività elettrica, mantenendo alti i coefficienti di Seebeck e basse le conduttività termiche; b) sistemi elettrolitici polimerici in grado di offrire elevati coefficienti di Seebeck termoelettrico-chimici.

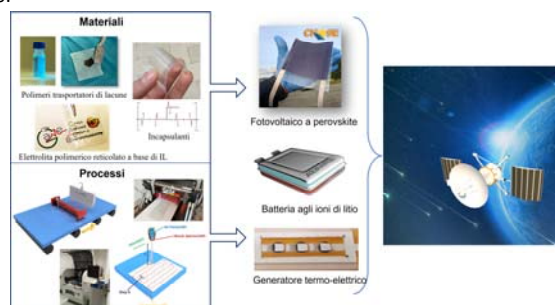


Figura 1: Sviluppando materiali polimerici su misura e perfezionando i processi di deposizione e stampa trasferibili su ampie superfici e su scala industriale, questo progetto mira a realizzare e ottimizzare celle solari fotovoltaiche a perovskite, generatori termoelettrici e batterie agli ioni di litio su substrati flessibili, integrandoli successivamente in un dispositivo compatto e leggero per la generazione, conversione e accumulo simultaneo di energia destinato ad applicazioni spaziali.

Per la realizzazione dei moduli TEG e TEGG, i progetti saranno sviluppati per sfruttare il gradiente termico perpendicolare al substrato, analizzando le prestazioni dei materiali TEG e TEGG in un layout 3D e identificando il miglior design per i moduli TEG e TEGG, confrontando design "uni-leg" (singolo tipo di semiconduttore organico) o design "p-n" con semiconduttori organici aventi coefficienti di Seebeck di segno opposto. Lo sviluppo delle migliori strategie di incapsulamento per i moduli TEG e TEGG terrà conto della necessità di introdurre materiali di incapsulamento che minimizzino i ponti termici tra gli elettrodi TEG.

Per le batterie allo stato solido, al fine di ottimizzare le prestazioni elettrochimiche degli elettroliti a liquido ionico, il progetto indagherà sistematicamente i co-solventi (formati di metile MF, acetato di metile MA, acetato di etile EA, propionato di etile EP e butirato di etile EB), che possiedono bassa viscosità e punti di congelamento, e che possono essere aggiunti all'elettrolita a liquido ionico.

L'integrazione della parte di generazione PV e TE, insieme alla gestione della batteria, richiederà una strategia indipendente di gestione del punto di massima potenza tra i generatori, che sarà testata in un dimostratore preliminare da consegnare al termine del progetto.

AMBITI APPLICATIVI

I risultati del progetto saranno applicati nel Sistema di Alimentazione Elettrica (EPS) dei veicoli spaziali, principalmente per le orbite LEO. Tuttavia, il campo di applicazione non sarà limitato alle applicazioni spaziali, ma potrà essere esteso a diversi ambiti come il Fotovoltaico Integrato negli Edifici a livello terrestre o l'elettronica flessibile, con particolare attenzione agli ambienti interni e all'IoT, settori in cui i gruppi partecipanti hanno una riconosciuta esperienza.

In particolare, l'Internet degli Oggetti Remoti (IoRT) è stato definito come il caso specifico di IoT in cui gli oggetti intelligenti sono remoti e/o dispersi su un'ampia area geografica. I sistemi di generazione e accumulo proposti possono abilitare tutte le principali applicazioni IoRT, quali: monitoraggio ambientale (rilevamento di fenomeni distruttivi, monitoraggio della fauna selvatica, ecc.), agricoltura intelligente, reti intelligenti e gestione delle emergenze quando l'infrastruttura di comunicazione nell'area dell'incidente è spesso solo parzialmente disponibile.

TEAM

Il consorzio ENFORSPACE è composto da due Università e un Politecnico:

- **Centre for Hybrid and Organic Solar Energy (CHOSE) del Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata (prime):** <http://www.chose.uniroma2.it/en/>, <https://eln.uniroma2.it/>

- **Università degli studi di Torino, Dipartimento di Chimica, NIS Interdepartmental Centre and INSTM Reference Centre (sub-co):** <https://www.nis.unito.it/>, <https://chimicaetecnologie.campusnet.unito.it/do/home.pl>

- **Politecnico di Torino, Department of Applied Science and Technology (DISAT) (sub-co):** <https://www.disat.polito.it/en/>, https://www.disat.polito.it/en/the_department/internal_structures/departments_labs/laboratori_area_chimica_per_l_ingegneria/game_laboratory