

**MISSION
INNOVATION**

accelerating the clean energy revolution

POA MATERIALI AVANZATI PER L'ENERGIA**PROGETTO IEMAP - Piattaforma Italiana Accelerata per i Materiali per
l'Energia**

D4.44 - Dispositivi ibridi di benchmark (a base di celle solari di Silicio cristallino) di alta efficienza

Stefano Rampino, Edmondo Gilioli, Francesco Pattini



Consiglio Nazionale
delle Ricerche

D4.44 - Dispositivi ibridi di benchmark (a base di celle solari di Silicio cristallino) di alta efficienza

Stefano Rampino (CNR), Edmondo Gilioli (CNR), Francesco Pattini (CNR)

Dicembre 2024

Report MISSION INNOVATION

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA
Mission Innovation 2021-2024 - III annualità

Progetto: Piattaforma accelerata per i Materiali per l'Energia

Work package: 4

Linea di attività 4.18: Progettazione top-down dei dispositivi integrati e simulazioni elettro-ottiche: analisi multiscala dei risultati ottenuti nelle linee LA4.10 e LA4.15 e benchmarking

Responsabile del Progetto: Massimo Celino (ENEA)

Responsabile della LA: Stefano Rampino (CNR)

Indice

1	Risultati attesi	5
2	Risultati ottenuti.....	5
2.1	Avanzamento della ricerca rispetto allo stato dell'arte internazionale con riferimento ai risultati ottenuti.....	5
3	Prodotti attesi.....	5
	Dispositivi ibridi di benchmark (a base di celle solari di Silicio cristallino) di alta efficienza.....	5
4	Prodotti ottenuti	5
4.1	Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con batteria agli ioni di Litio	5
4.2	Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con supercapacitore in modalità a tre terminali.....	8
4.3	Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con supercapacitore ibrido in modalità a tre terminali	10
5	Analisi degli scostamenti su attività e risultati	12
6	Sintesi delle attività svolte	13
7	Pubblicazioni Scientifiche	13
8	Eventi di disseminazione	13
9	Descrizione dei risultati ottenuti	13

Indice delle figure

Figura 1 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare del diodo Schottky.

Figura 2 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare del modulo solare.

Figura 3 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare della batteria commerciale a ioni di litio.

Figura 4 - Dispositivo di benchmark n.2 (PV+SuperCap) con particolare del modulo solare.

Figura 5 - Dispositivo di benchmark n.2 (PV+Supercap) con particolare del supercapacitore e del diodo.

Figura 6 – Dispositivo di benchmark n.3 (PV+Supercap Ibrido) con particolare del supercapacitore.

Figura 7 - Dispositivo di benchmark n.3 (PV+Supercap Ibrido) con particolare del modulo solare.

1 Risultati attesi

Ottimizzazione dei dispositivi di benchmark che, per come sono concepiti, costituiranno la soluzione a maggiore efficienza fra quelle studiate in questo progetto, anche a discapito di altre proprietà fondamentali come la trasparenza, il costo e la flessibilità strutturale.

2 Risultati ottenuti

Sono state ottenute tre diverse tipologie di dispositivi discreti di Fotovoltaico+Accumulo, a tre terminali. Questi dispositivi sono stati testati per comprendere il funzionamento, i vantaggi ed i limiti dei dispositivi integrati realizzati nel corso di questo progetto.

2.1 Avanzamento della ricerca rispetto allo stato dell'arte internazionale con riferimento ai risultati ottenuti

Grazie allo studio di questi prototipi, per la prima volta è stata portata avanti un'analisi completa sul funzionamento di questi dispositivi integrati, evidenziandone limiti di efficienza energetica e di flessibilità nella gestione dell'elettricità generata ed accumulata.

3 Prodotti attesi

Dispositivi ibridi di benchmark (a base di celle solari di Silicio cristallino) di alta efficienza

4 Prodotti ottenuti

Sono stati prodotti 3 prototipi finali differenti nei quali, al modulo di Si cristallino ad alta efficienza, è stato accoppiato un dispositivo di accumulo differente: batteria agli ioni di Litio, supercapacitore e supercapacitore ibrido.

4.1 Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con batteria agli ioni di Litio

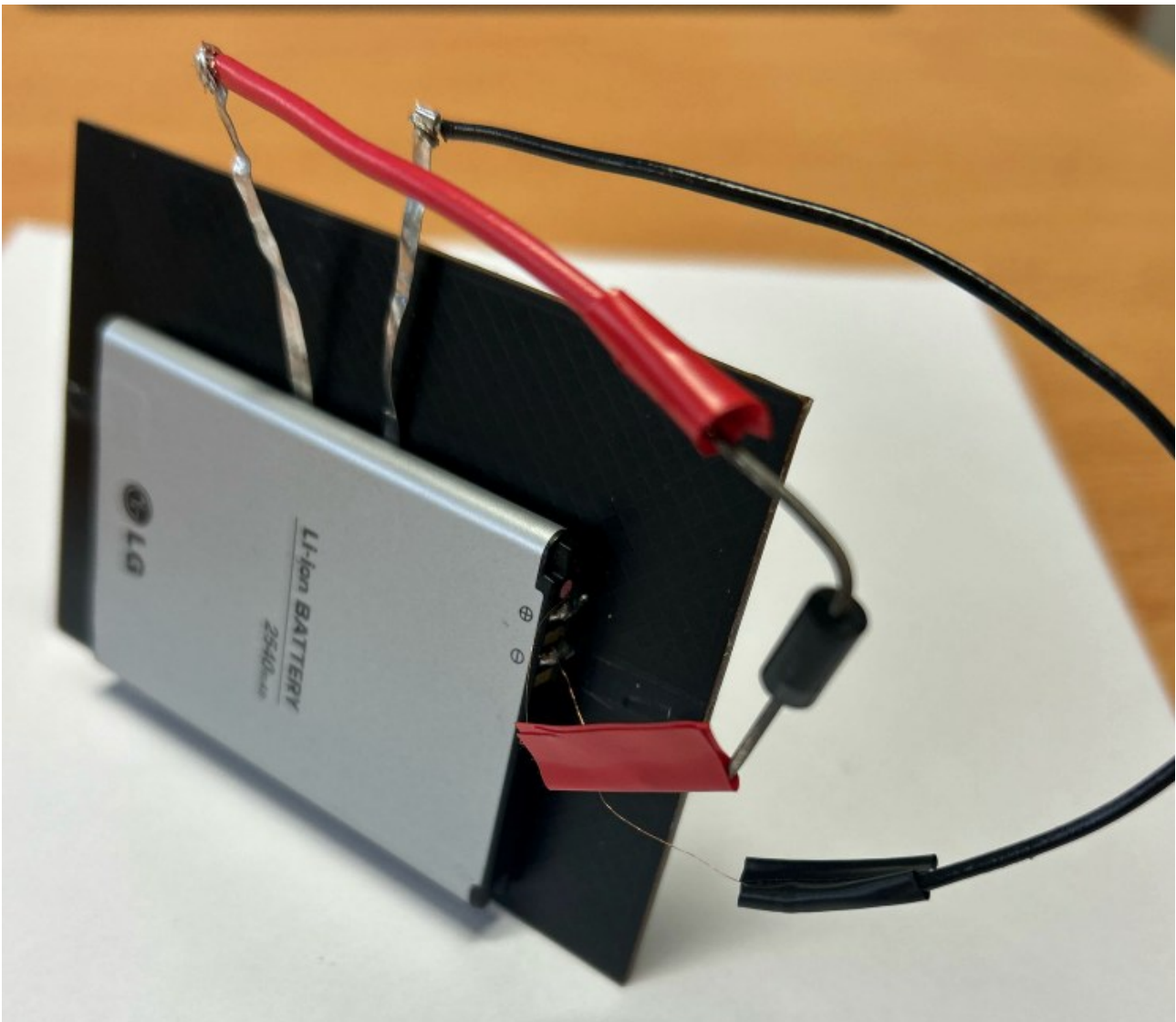


Figura 1 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare del diodo Schottky.

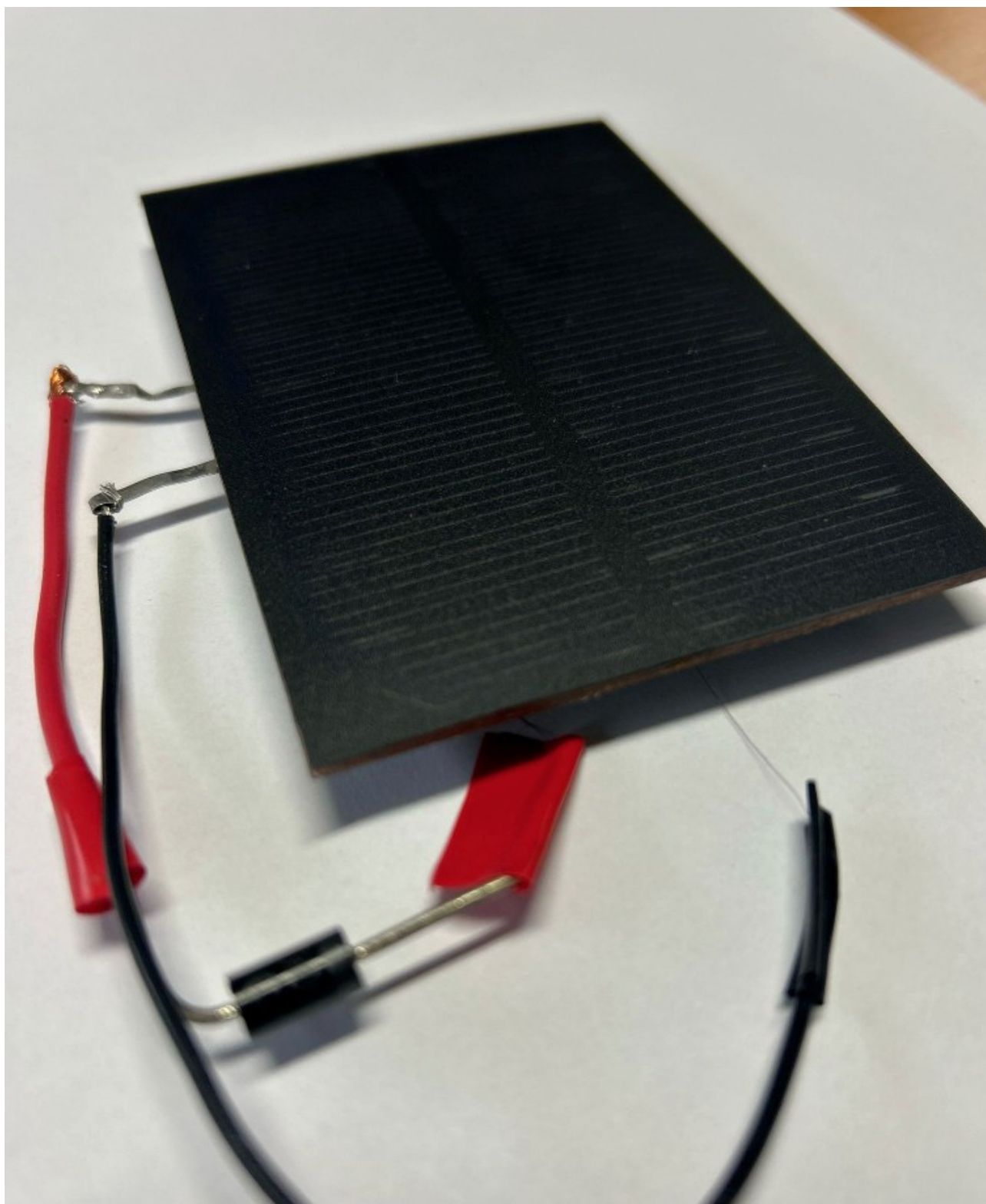


Figura 2 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare del modulo solare

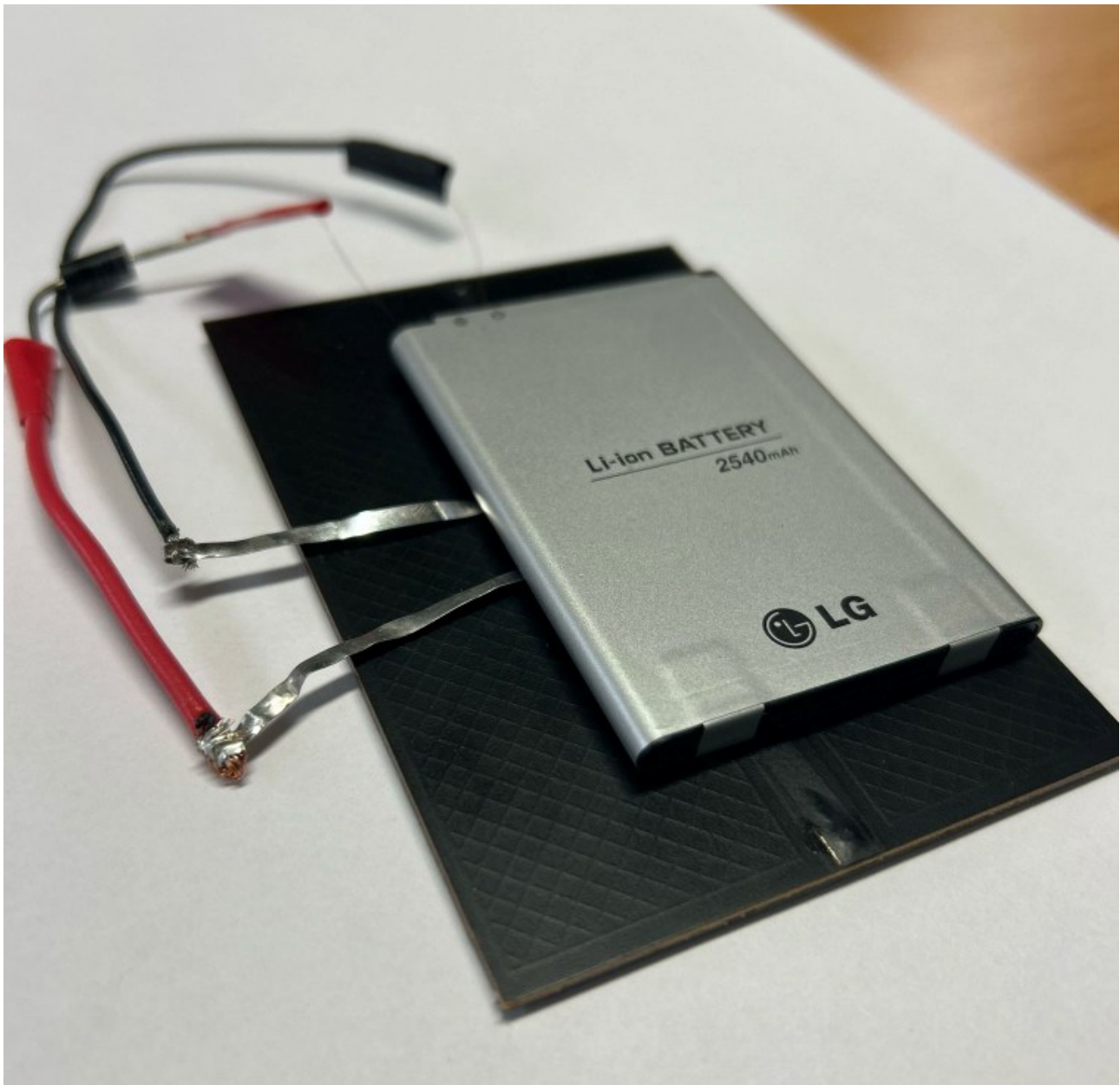


Figura 3 - Dispositivo di benchmark n.1 (PV+batteria) con particolare della batteria commerciale a ioni di litio.

4.2 Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con supercapacitore in modalità a tre terminali

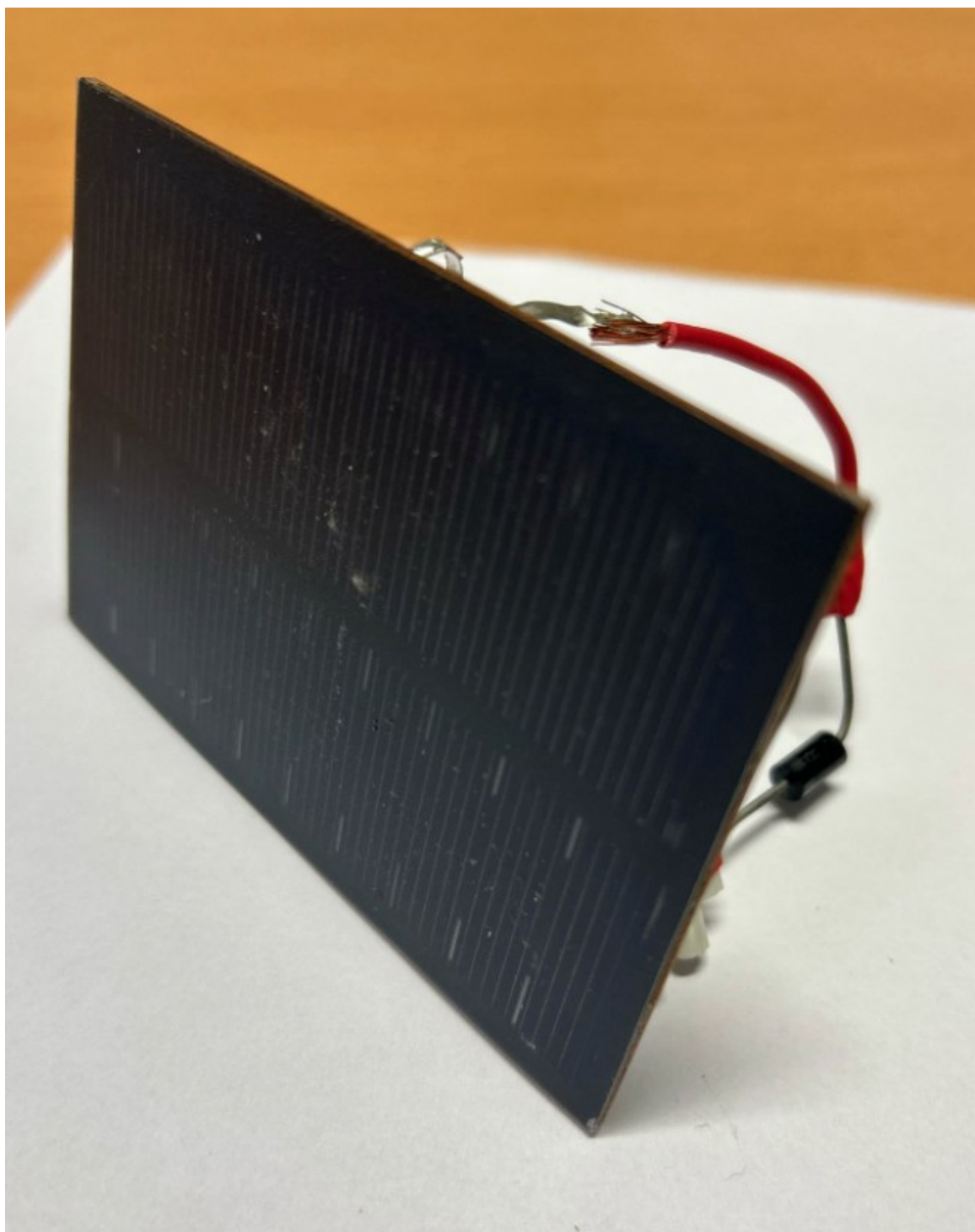


Figura 4 - Dispositivo di benchmark n.2 (PV+SuperCap) con particolare del modulo solare.

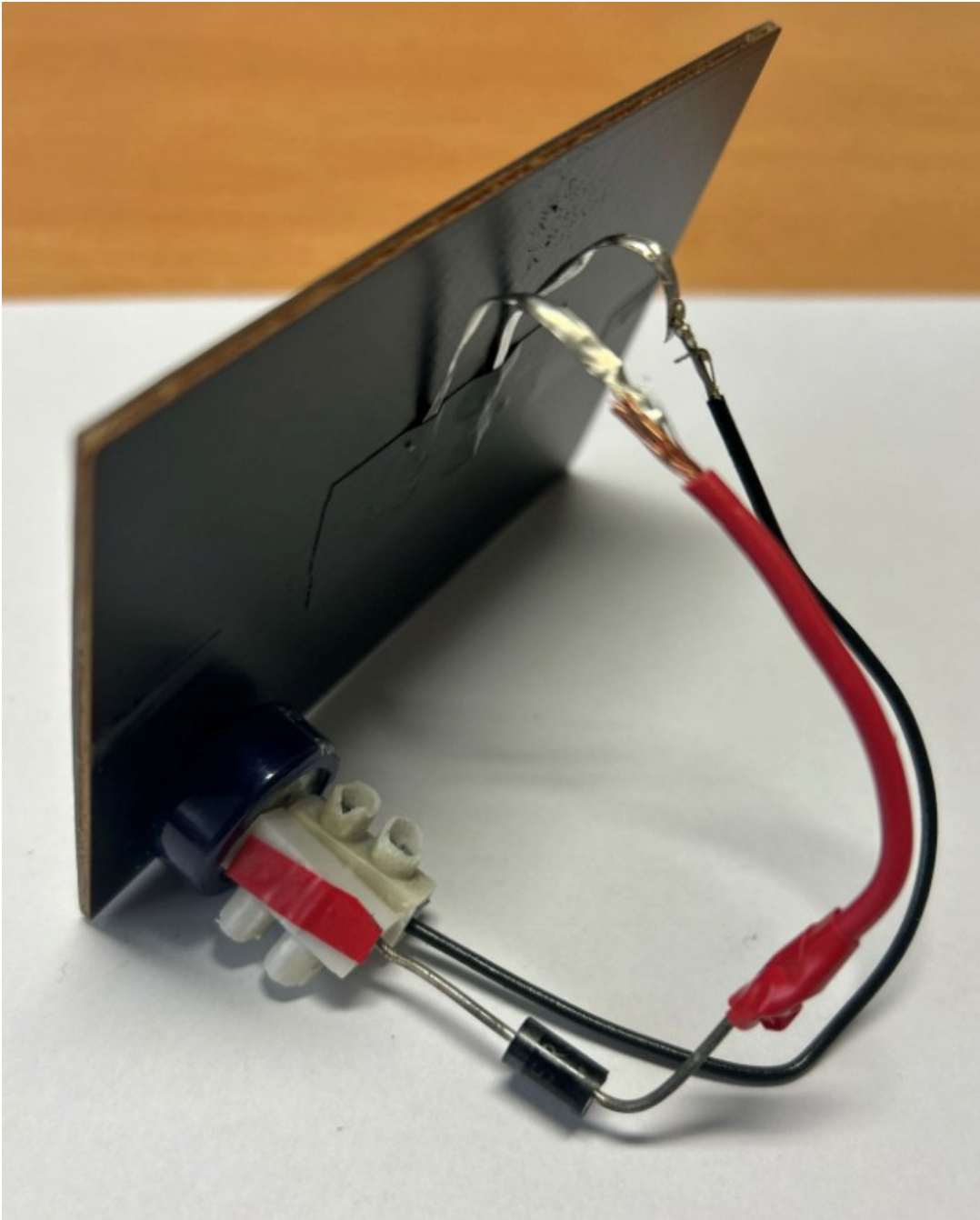


Figura 5 - Dispositivo di benchmark n.2 (PV+Supercap) con particolare del supercapacitore e del diodo.

4.3 Dispositivo ibrido a base di celle solari di Silicio cristallino di alta efficienza accoppiato con supercapacitore ibrido in modalità a tre terminali

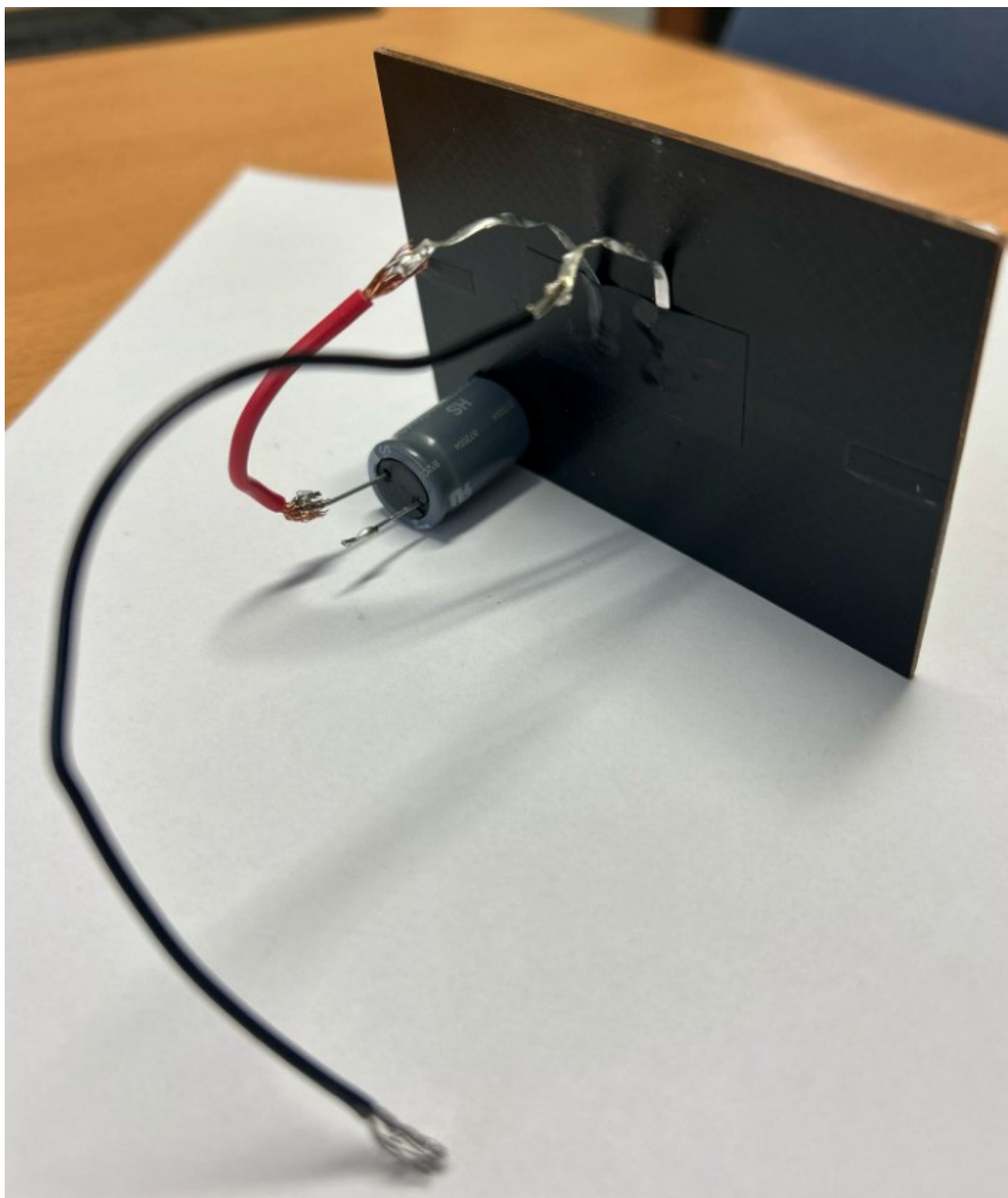


Figura 6 – Dispositivo di benchmark n.3 (PV+Supercap Ibrido) con particolare del supercapacitore.

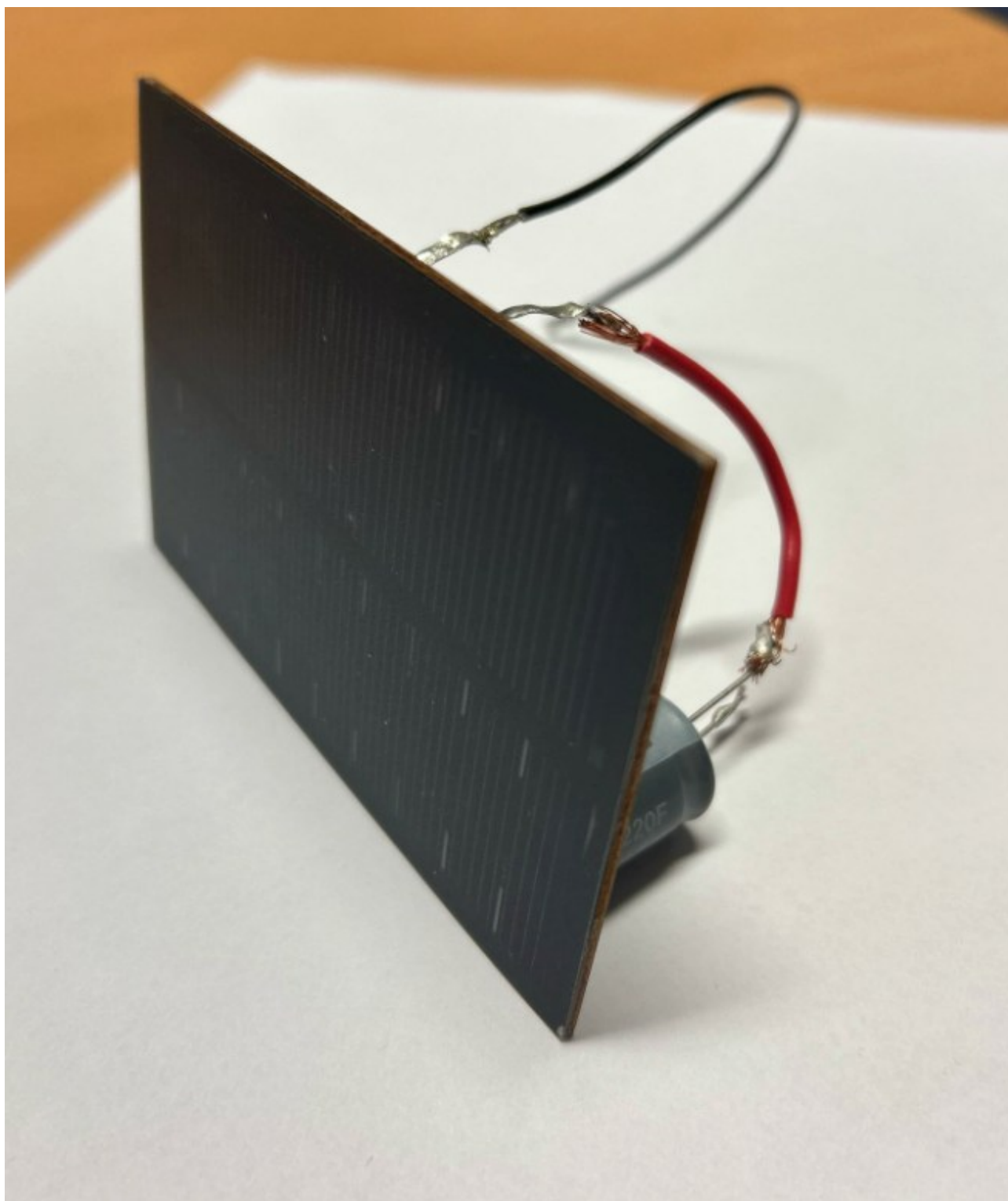


Figura 7 - Dispositivo di benchmark n.3 (PV+Supercap Ibrido) con particolare del modulo solare.

5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Non si segnalano scostamenti tecnici o economici rispetto agli obiettivi del Piano Operativo.

6 Sintesi delle attività svolte

Sono stati realizzati i dispositivi prototipali di benchmark che hanno consentito di testare la bontà del concetto di sistema accoppiato fotovoltaico-accumulo, di validare i modelli basati sul funzionamento elettrico delle celle solari e di confrontare tali dispositivi con quelli prodotti nelle LA4.12 e LA4.15. La realizzazione dei prototipi si è basata su test preliminari eseguiti su vari tipi di dispositivi PV, celle e minimoduli, e su varie tipologie di accumulo elettrochimico testate nella LA 4.17.

7 Pubblicazioni Scientifiche

«*Dynamic Analysis of a Supercapacitor DC-Link in Photovoltaic Conversion Applications*», Energies 2023, 16(16), 5864

8 Eventi di disseminazione

- IEMAP Training Course: *Technologies for the Accelerated Design of Materials for Energy*
- Seminario: «*Numerical Modeling of PV-based Energy Systems from Devices to Renewable Energy Communities*» c/o IMEM, 23/09/24
- «Laboratorio di Sostenibilità» c/o IMEM – CNR, Edizioni 2023 e 2024
- Contributo Orale 3^a Conferenza ICECCME: «*Simulation of Supercapacitor Charge and Discharge in Photovoltaic Applications*»

9 Descrizione dei risultati ottenuti

I dispositivi integrati sviluppati in questa e nelle precedenti LA, basati sull'accoppiamento su area ridotta di una cella solare e di un dispositivo di accumulo, sono immaginati per andare ad alimentare dei piccoli device portatili, installati in località remote, come sensori ambientali, o magari indossabili, come uno smartwatch

Questa soluzione energetica per questo tipo di device avrebbe diversi vantaggi:

- La cella solare fornirebbe una ricarica costante durante l'uso all'aperto, riducendo la necessità di ricariche frequenti tramite cavo. Un piccolo dispositivo di accumulo permetterebbe di immagazzinare energia per l'uso notturno o in ambienti poco illuminati.
- Minore impatto ambientale, grazie alla produzione di energia da fonte rinnovabile
- Minore dipendenza dalla rete elettrica e quindi un risparmio energetico globale.
- Riduzione della necessità di sostituire frequentemente la batteria, allungando la vita utile del dispositivo e riducendo i rifiuti elettronici.

- Maggiore comodità e indipendenza dai cavi di connessione, con minor necessità di portare caricabatterie o power bank, utile per chi viaggia spesso o pratica attività outdoor (trekking, campeggio, sport estremi).
- Potenziale utilizzo in situazioni di emergenza in cui non si ha accesso a una fonte di ricarica convenzionale.
- Una batteria che si ricarica continuamente potrebbe ridurre l'usura da cicli di carica e scarica completi, prolungandone la durata. Ci sarebbe minore necessità di sostituire componenti interni grazie a un sistema di ricarica passivo e automatico.

L'energia solare può supportare funzioni a basso consumo, come il monitoraggio della salute (battito cardiaco, passi, temperatura corporea). Se abbinata a un sistema di gestione intelligente dell'energia, può ottimizzare l'uso della batteria e ridurre i consumi complessivi.

Infine, consentirebbe un totale funzionamento Off-Grid dei dispositivi, funzione molto utile in ambiti dove l'accesso all'elettricità è limitato, come zone rurali o missioni spaziali. Potrebbe supportare dispositivi di comunicazione d'emergenza o funzioni di tracciamento GPS.