PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

AFFIDATARIO 1

Tema – 1.1 Fotovoltaico ad alta efficienza

Durata: 36 mesi

Semestre n. 1 – Periodo attività: 01/01/2021 – 30/06/2021

ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:

Il progetto ha la finalità di sviluppare celle solari ad alta efficienza, materiali innovativi per applicazioni fotovoltaiche (FV), architetture di dispositivo e sistemi FV da utilizzare per l'integrazione in edilizia o in altri contesti particolari. Le attività sono organizzate in due Work Package, il WP1 –Studio e sviluppo di materiali innovativi per applicazioni fotovoltaiche e WP2 – Fotovoltaico Piano.

Per quanto riguarda il WP1, sono in corso le attività di sviluppo sperimentale di celle solari innovative a base di perovskite e di studio sul possibile utilizzo di grafene in celle innovative.

Le attività di ricerca sullo sviluppo di celle in perovskite riguardano tutti gli strati da cui è costituita la cella: strato assorbitore in perovskite, strato trasportatore selettivo per le lacune (HTM) e per gli elettroni (ETM) ed elettrodi. Inoltre, sono messe a confronto le due differenti architetture di dispositivo, n-i-p e p-i-n, con l'obiettivo di migliorare le efficienze e la stabilità degli stessi dispositivi.

Le attività sullo sviluppo di film a base di ossido di stagno (SnO_2) da utilizzare come ETM del dispositivo sono continuate, testando differenti possibili doping per tale strato in vista di un potenziale miglioramento delle proprietà di trasporto. Sono stati realizzati dei film di SnO_2 drogati Ru e Ga. Inoltre, è continuato lo studio sul possibile utilizzo di molecole SAM (Self Assembled Monolayer) all'interfaccia tra SnO_2 e la perovskite con l'obiettivo di migliorare la stabilità dei dispositivi. È stato poi condotto uno studio sul possibile utilizzo della tecnica di stampa inkjet per depositare film di SnO_2 . A partire da un inchiostro opportunamente formulato per stampa inkjet, è stato ottenuto un ETL con una buona uniformità che ha permesso di realizzare dispositivi con prestazioni promettenti. I differenti ETL realizzati sono, poi, utilizzati nella realizzazione di celle FV a singola giunzione in perovskite.

Per quel che concerne lo sviluppo di trasportatori di lacune, è stata completata la caratterizzazione dei polimeri di tipo donatore-accettore ottenuti in precedenza. La caratterizzazione termica dei polimeri ha evidenziato un'ottima stabilità termica, livelli energetici adeguati all'utilizzo nelle celle in perovskite e spettri di assorbimento con trasparenza nel visibile a partire da valori di lunghezza d'onda funzione della struttura (510 - 620 nm). La caratterizzazione è stata completata con la determinazione dei pesi molecolari, misure di spettroscopia UV-Visibile, di fluorescenza e conseguente determinazione del band gap e misure di calorimetria a scansione differenziale che ha consentito di ottenere la temperatura di transizione vetrosa.

Al fine di incrementare la stabilità dei dispositivi in perovskite è stata sperimentata la possibilità di introdurre layer all'interfaccia tra la perovskite e i trasportatori di carica. In particolare, è stato sperimentato l'utilizzo di perovskite 2D o di piccole molecole tra lo strato assorbitore in perovskite e lo strato HTL. Utilizzando una perovskite bidimensionale (2D) tra la perovskite convenzionale (3D) e l'HTL sono stati realizzati dei dispositivi che mantengono il 93% dell'efficienza iniziale dopo 1100 ore di stress termico a 85°C e l'86% dell'efficienza iniziale dopo 1100 ore di illuminazione continua in condizioni operative.

Nell'ottica di sperimentare tecniche di deposizione per la perovskite adatte allo scale-up e allo stesso tempo idonee alla realizzazione di dispositivi FV ad alta efficienza, si è deciso di implementare le attrezzature disponibili mediante l'acquisizione di un evaporatore termico a multisorgente. A valle del completamento della parte amministrativa dell'acquisto in questo periodo è stato definito il progetto esecutivo completo con la ditta incaricata della fornitura.

Le attività teoriche svolte a supporto delle sperimentazioni sullo sviluppo di celle in perovskite hanno riguardato lo studio, con metodi teorici basati su principi primi, di alcuni materiali da utilizzare al posto del più comunemente utilizzato HTL, lo Spiro-MeOTAD. Ci si è focalizzati sul trasferimento di carica all'interfaccia con la perovskite, studiando l'allineamento delle bande tra HTM/perovskite, che costituisce il requisito minimo affinché avvenga tale trasferimento. In particolare, sono state studiate le proprietà di tre materiali a

base di Cu, il CuI, il CuSCN e il Cu₂O, valutandone le proprietà elettroniche e strutturali sia nel caso stechiometrico che in quello con una vacanza di Cu.

L'attività di ricerca svolta sullo sviluppo di film di grafene per applicazioni in celle solari ha riguardato la messa a punto di processi di ossidazione/riduzione del grafene per modularne le proprietà di trasporto e per aumentarne l'energia superficiale e quindi la bagnabilità. In particolare, la bagnabilità della superficie di grafene è un aspetto importante che limita le applicazioni del grafene CVD come strato conduttore trasparente in celle solari innovative. Sono state descritte e discusse le metodologie plasmochimiche in condizioni modulate per la riduzione del grafene con plasma di idrogeno e l'ossidazione della superficie del grafene con plasma di ossigeno. La riduzione con plasma di idrogeno consente di variare le proprietà di trasporto del grafene idrogenato in un ampio intervallo (sheet resistance fino a 5 ordini di grandezza) conservando la trasparenza dello strato. L'ossidazione via plasma di grafene singolo strato e multistrato ha evidenziato la possibilità di aumentare la bagnabilità della superficie senza inficiare significativamente il trasporto.

Per quanto riguarda il WP2, sono continuate le attività sullo sviluppo di celle tandem perovskite/silicio e kesterite/silicio, che prevedono anche una sperimentazione su differenti materiali e architetture per la cella a eterogiunzione di silicio (Silicon Hetero Junction - SHJ), e le sperimentazioni sulla realizzazione di prototipi di moduli a film sottile di perovskite. Sono, poi, condotte attività sullo sviluppo di possibili innovazioni nei processi industriali di realizzazione dei moduli FV e una ricerca che ha lo scopo di definire soluzioni FV per involucri semi-trasparenti da utilizzare in edifici (BIPV) o nel settore agrivoltaico.

Per quanto riguarda la cella solare in silicio sono continuati gli studi su possibili materiali da utilizzare come contatti selettivi delle cariche in alternativa ai film drogati di silicio di tipo standard. In questo periodo si è studiata la possibilità di evaporare termicamente film di ossido di nichel drogato con litio da utilizzare come strati trasportatori di lacune in celle SHJ. I film sono stati cresciuti mediante evaporazione termica in quanto la tecnica di evaporazione con e-beam, tipicamente utilizzata per depositare il materiale, causa il danneggiamento della passivazione dei wafer di silicio a causa dei raggi X emessi durante il processo e-beam. Sono state testate diverse combinazioni di riscaldatori e crogioli refrattari per verificare la possibilità di evaporare termicamente questo materiale ceramico alto-fondente. Dagli esperimenti condotti si è compreso che l'evaporazione termica del NiO:Li con i crogioli testati non è possibile a meno di non contaminare il film depositato con altri metalli. Il lifetime dei wafer di silicio, passivati in precedenza con un film sottile a base di ossido di silicio è sempre compromesso dopo l'evaporazione e fa supporre che il nichel stesso presenti una fase metallica che diffonde all'interno dello strato passivante andando a comprometterne l'efficacia.

Riguardo agli studi sui contatti trasparenti (TCO), è stata studiata la possibilità di ridurre gli spessori dell'ITO nelle celle SHJ e di individuare regimi di sputtering soft, adatti per varie tipologie di celle. L'utilizzo combinato, sul front del dispositivo, di ITO con spessore 4 volte inferiore allo standard e di un film antiriflesso è promettente sia in termini di prestazioni della cella che per ridurre il consumo di indio nei processi produttivi. I film di ITO depositati a bassa potenza consentono di migliorare le prestazioni ottiche della cella, grazie alle proprietà del materiale, garantendo al contempo le prestazioni elettriche. Si è, inoltre, lavorato allo sviluppo di processi di stampa serigrafica dei contatti metallici, utilizzando una pasta di Ag che possa essere conservata a temperatura ambiente.

Nell'ambito dello studio di tecniche di indagine che possano essere proficuamente utilizzate per identificati i comportamenti dei dispositivi, è stata valutata la potenzialità della tecnica basata sulla spettroscopia di impedenza per lo studio delle interfacce tra i diversi materiali che compongono una cella solare. La procedura sviluppata per l'elaborazione degli spettri d'impedenza ha permesso l'estrazione della configurazione circuitale più adatta a descrivere il comportamento AC dei dispositivi in esame.

La sperimentazione sullo sviluppo di celle tandem perovskite/silicio prevede due possibili schemi di connessione tra le celle componenti: l'accoppiamento meccanico tra il dispositivo in silicio e la cella in perovskite, realizzata su substrato di vetro e terminata con un contatto semitrasparente, e la crescita diretta della componente frontale in perovskite su quella in silicio (cella tandem in configurazione monolitica). In questo periodo si è lavorato allo sviluppo della cella tandem monolitica. Sono stati approfonditi gli studi sulla giunzione tunnel di collegamento tra le due componenti a base di film sottili di silicio p/n. Si è ottenuta una

condizione promettente utilizzando un film di 30 nm di Si di tipo p e 20 nm per lo strato di tipo n: in tale condizione le tandem hanno una minore variabilità delle Voc (con tensioni fino a 1.8 V). E' stato anche sperimentato l'utilizzo di uno strato ricombinante di ITO, con cui sono state realizzate tandem con FF fino a 76%. Si è, poi, valutato che l'utilizzo di wafer di Si monolappati, caratterizzati cioè da una superficie flat e una microrugosa, è potenzialmente utile per migliorare la corrente della bottom.

Relativamente allo sviluppo di celle tandem kesterite/Si, dove la kesterite è del tipo $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS), è stato sviluppato un modello ottico globale del dispositivo tandem, realizzando una versione migliorata di kSEMAW, un software open-source sviluppato interamente in ENEA. Usando questo software si è visto che i layer più critici di tutta la struttura tandem in termini di perdite ottiche erano, nell'ordine, lo strato finestra di ITO, il contatto intermedio in MoS_2 e, in misura minore, lo strato di CZTS. Da queste analisi emerge anche che, con i materiali disponibili e usando una struttura ottimizzata sia per la top-cell che per la bottom-cell sarebbe possibile realizzare un dispositivo tandem con Jsc dell'ordine di 14 mA/cm^2 e cioè più del doppio della corrente ottenuta nella precedente attività. Si è quindi lavorato al miglioramento della top-cell in CZTS su substrati flat (wafer di Si flat). Sono state confrontate morfologia e prestazioni fotovoltaiche di assorbitori in CZTS cresciuti a partire da precursori stechiometrici, ossia con un contenuto di zolfo pari al 50%, con quelle di CZTS ottenuto da precursori S-poor ([S] circa 35%). Tale confronto è stato esteso anche a due diversi tipi di contatto posteriore su cui è depositato il precursore: il classico molibdeno e il trilayer semitrasparente IWO/FTO/ MoS_2 . La fabbricazione dei dispositivi su IWO/FTO/ MoS_2 su substrati flat si è dimostrata difficile a causa dei problemi di adesione tra CZTS e MoS_2 . I dispositivi ottenuti da precursori S-poor sono risultati migliori rispetto a quelli ottenuti da precursori stechiometrici, e hanno raggiunto efficienze vicine al 5% sia su contatto semitrasparente che su Mo.

E' stato avviato uno studio sullo sviluppo di strati buffer per celle in CZTS alternativi al CdS, utilizzando la tecnica dell'Atomic Layer Deposition (ALD). Sono in corso di sperimentazione due possibili candidati: il TiO_2 e lo $\text{Zn}_x\text{Sn}_{1-x}\text{O}$. I materiali sono stati depositati e caratterizzati e saranno a breve inseriti in dispositivi.

Le attività sui moduli PV riguardano, come accennato in precedenza, lo sviluppo di prototipi in perovskite e lo studio di possibili innovazioni che riguardino in maniera più generale la realizzazione di moduli FV.

Per quanto riguarda i moduli a film sottile di perovskite, si è lavorato allo sviluppo di tecniche di stampa in grado di depositare con buona uniformità su larga area (lo studio ha considerato substrati $15 \times 15 \text{ cm}^2$): i materiali ottenuti in questa fase sono stati inseriti in dispositivi con architettura di tipo p-i-n. E' stato utilizzato l' NiO come HTM depositato per blade coating e una perovskite a doppio catione (cesio e formamidinio) ottenuta mediante tecnica di blade/slot die coating. I moduli FV sono stati successivamente completati tramite evaporazione termica dello strato trasportatore di elettroni (C60/BCP) e del contro elettrodo (rame). L'efficienza più alta ottenuta è pari a 12.6%, con una stabilità termica ad 85°C di più di 1000 ore.

Sono continuate, poi, le attività che hanno l'obiettivo di realizzare vetri testurizzati utili per sviluppare moduli FV in cui le celle in silicio siano realizzate con wafer di c-Si flat. Dopo avere eseguito le simulazioni ottiche necessarie per definire le micro-geometrie degli stampi per il roll-embossing dei vetri, è stata realizzata una macchina prototipo che riesce a stampare mediante tecnica di hot embossing strutture micro-piramidali nel vetro. La verifica della realizzazione delle microstrutture incise sul vetro è determinabile mediante irradiazione con un fascio laser, valutando lo scattering delle superfici: l'assenza di scattering segnala che l'hot embossing non ha trasferito correttamente le piramidi nel vetro.

Le attività svolte con l'obiettivo di sviluppare strutture semitrasparenti da utilizzare per una sperimentazione sul sistema fotovoltaico-pianta sono portate avanti su scale differenti. Su scala di laboratorio, è stato approfondito lo studio che mira all'uso complementare integrato della luce solare per fotovoltaico e fotosintesi, grazie a celle semitrasparenti in silicio amorfo con riflettore posteriore spettralmente selettivo a multistrato metallo/ossido/metallo/ossido. Tramite simulazioni ottiche, è stata studiata la possibilità di adattare il design per diverse tipologie di piante, utilizzando come riferimento la clorofilla tipo a e tipo b, tra i pigmenti più comuni. Lo studio ha consentito di fornire informazioni pratiche immediate per la realizzazione dei prototipi, tra cui una curva di taratura per la posizione del picco di trasmittanza in funzione dello spessore di uno dei layer del multistrato. Un set di campioni è stato poi fornito al Museo delle Scienze Agrarie (MUSA) per poter valutare, mediante studi di crescita di piante, la fattibilità dell'applicazione combinata integrata fotovoltaico/fotosintesi. I risultati di tali sperimentazioni indicano che a intensità luminose medie, l'effetto

della riduzione della luce diventa trascurabile in termini di resa delle piante. Inoltre, ad elevate intensità luminose, i multistrati testati offrono un effetto di fotoprotezione dai potenziali danni causati da eccessive intensità luminose che nei nostri climi si verificano regolarmente. Per quanto riguarda la sperimentazione a media scala, è stata costruita una serra prototipale di circa 18 m² equipaggiata con sensoristica IoT, di cui metà con copertura di pannelli fotovoltaici semitrasparenti e metà di controllo con pannelli di polycarbonato trasparenti. Le sperimentazioni a questa scala hanno confermato che la riduzione di radiazione solare da parte della copertura fotovoltaica non costituisce un limite alla crescita delle piante e microalghe testate. È stato inoltre sviluppato un modello matematico di simulazione che permettesse di stimare i flussi fotosintetici delle piante attraverso i dati prelevati in tempo reale dai sensori aprendo la via per un controllo in tempo reale delle condizioni ambientali della serra in funzione della risposta simulata della pianta.

Su scala grande è stata progettata una copertura vetrata per una serra storica, in cui 110 m² sono stati destinati all'impiego del fotovoltaico. Sono stati progettati dei moduli FV in silicio delle dimensioni di 60 cm x 150 cm, da impiegare come unità base della copertura. Questi sono stati raggruppati in 6 famiglie da 5 moduli e disegnati in modo che i moduli messi insieme potessero proporre un motivo decorativo ad una scala adeguata a quella dell'intervento. Dato il contesto, il motivo decorativo è stato messo a punto a partire dall'immagine delle chiome degli alberi, ed è stato perfezionato tramite processi grafici ed interazioni con la ditta fornitrice, seguendo tutta l'attività fino alla fase di realizzazione dell'opera.

Nell'ambito della tematica svolta con l'obiettivo di definire un quadro aggiornato sulle conoscenze relative all'innovazione tecnologica dei sistemi BIPV, è stata svolta un'indagine su prodotti e sistemi FV industrializzati, casi di successo e buone pratiche e approcci sperimentali di tipo metaprogettuale che hanno consentito, in una filiera di tipo induttivo-deduttivo, di estrapolare criteri e indirizzi generalizzabili in funzione di schematizzazioni tipologiche per la formulazione di progetti ex novo e di riqualificazione edilizia con prodotti e sistemi BIPV.

L'attività di diffusione dei risultati di progetto è continuata, partecipando ad alcune conferenze internazionali ed eventi nazionali che si sono tenuti on-line sui temi oggetto del piano realizzativo.

Sono stati inoltre pubblicati alcuni lavori su riviste internazionali. Sono stati inoltre organizzati workshop e seminari online con l'intento di promuovere i risultati delle ricerche, aprendo nuove prospettive alle attività e/o operare una formazione per studenti, potenziali ricercatori del futuro prossimo, sulle tematiche del progetto.

ATTIVITA' SVOLTE	
AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO	SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO
ENE A	<p>Le attività svolte da ENEA riguardano lo sviluppo di celle solari con assorbitori a base di perovskite, di celle tandem perovskite/silicio e kesterite/silicio e lo studio di materiali e architetture di dispositivo per la cella bottom a eterogiunzione di silicio. Tali attività possono promuovere in maniera significativa lo sviluppo di dispositivi ad alta efficienza con possibili ripercussioni positive sul settore produttivo nazionale. ENEA è impegnata in una ricerca sullo sviluppo di materiali per il trasporto selettivo delle cariche, di TCO per celle solari in perovskite e a eterogiunzione di silicio e dei processi di metallizzazione per i dispositivi. Per quanto riguarda lo sviluppo di celle tandem sia kesterite/silicio che perovskite/silicio, si sono studiate le giunzioni di ricombinazione che collegano la cella frontale con quella posteriore ed è stato messo a punto un software utile alla progettazione ottica del dispositivo tandem.</p> <p>Enea è anche impegnata sulla progettazione, su differenti scale, di strutture semitrasparenti da utilizzare per una sperimentazione sul sistema fotovoltaico-pianta. Sono state realizzate su piccola scala (10 x 10 cm²) delle architetture di celle solari in grado di far passare la luce utile alla crescita delle piante e sono stati progettati dei moduli semitrasparenti da utilizzare in una serra con copertura fotovoltaica. Questi studi possono avere ricadute sia in ambito BIPV che nell'agriPV. ENEA è inoltre responsabile delle attività di diffusione dei risultati della ricerca.</p>

<p>Università di Roma Tor Vergata – Dipartimento di Ingegneria Elettronica</p>	<p>L'Università di Tor Vergata è impegnata sullo sviluppo di celle e moduli a base di perovskite con possibili ricadute nel settore produttivo nazionale che potrà giovare di una tecnologia emergente, utilizzabile sia per applicazioni utility-scale che nel BIPV. In particolare Tor Vergata sta studiando film di perovskite, trasportatori di carica e strategie per migliorare le interfacce tra i vari strati del dispositivo, in modo da ottenere dispositivi stabili, valutando sia l'architettura di cella diretta (n-i-p) che invertita (p-i-n). L'Università ha anche lavorato all'ottimizzazione del processo di patterning necessario alla fabbricazione dei moduli FV e al miglioramento dell'uniformità dei vari strati sull'area utilizzata per i prototipi di moduli sviluppati. Gli studi in corso sono fondamentali al fine di promuovere lo sviluppo industriale della tecnologia FV basata su film assorbitori in perovskite.</p>
<p>Università di Torino – Dipartimento di Chimica</p>	<p>L'Università di Torino lavora alla sintesi di polimeri che possano essere utilizzati come strati trasportatori di lacune in alternativa a quelli attualmente in uso per celle a perovskite con l'obiettivo di migliorarne le prestazioni e la stabilità. In particolare, vengono utilizzati accorgimenti per conferire idrofobicità ai polimeri, in modo da incrementare la stabilità nel tempo dei dispositivi. I polimeri vengono preparati e caratterizzati per essere poi testati in dispositivi FV dall'unità operativa di Tor Vergata.</p>
<p>Università di Napoli "Federico II" – Dipartimento di Fisica</p>	<p>Il Dip. di Fisica dell'Università di Napoli svolge uno studio teorico ab initio di materiali proposti quali strati trasportatori di elettroni e lacune in combinazione con la perovskite del tipo $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$. Metodologie basate su principi-primi nell'ambito della teoria del funzionale della densità (DFT) sono applicate per determinare le proprietà strutturali ed elettroniche dell'interfaccia tra la perovskite e i materiali proposti come trasportatori di carica. Questi studi possono far comprendere meglio quanto le proprietà di bulk dei materiali e le interfacce tra i vari strati limitino le prestazioni ottenibili dai dispositivi FV, contribuendo allo sviluppo della tecnologia proposta.</p>
<p>Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Ingegneria Chimica dei Materiali e della produzione Industriale</p>	<p>Il Dip. di Ingegneria Chimica dei Materiali e della produzione Industriale svolge un'attività che ha l'obiettivo di passivare le interfacce tra i film di perovskiti e i contatti estrattivi selettivi. Tali interfacce, infatti, possono limitare notevolmente l'efficienza della cella a causa di fenomeni di ricombinazione indesiderati ad opera di atomi sotto-coordinati alle superfici della perovskite. La strategia di passivazione della superficie della perovskite proposta sfrutta interazioni non-covalenti di tipo alogeno, tra gli ioni alogeno della perovskite e piccole molecole organiche di alogenuri, che formano self assembled monolayers (SAM). Gli studi in corso sono fondamentali al fine di promuovere lo sviluppo della tecnologia FV basata su celle a perovskite.</p>
<p>Politecnico di Bari</p>	<p>Il politecnico di Bari è impegnato sullo sviluppo di film di grafene ottenuti con tecnica CVD caratterizzati da bassi valori di resistenza di strato ed alta trasparenza per applicazioni in celle solari innovative. L'interesse verso i materiali bi-dimensionali e verso il grafene in particolare è stato molto forte negli ultimi anni e valutare le potenziali applicazioni del grafene in ambito FV è ritenuto fondamentale anche per eventuali ricadute in ambito industriale.</p>
<p>Università di Roma "Sapienza" – Dip. di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni</p>	<p>Il gruppo del Prof. De Cesare del Dip. di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni dell'Università di Roma "Sapienza" svolge un'attività sullo sviluppo di film drogati a base di silicio depositati per PECVD e di trasportatori di carica alternativi per celle SHJ quali WO_x, $\text{NiO}:\text{Li}$ e MgO depositati mediante sputtering o evaporazione. I materiali studiati, complementari rispetto a quelli sviluppati da ENEA, vengono testati in celle parzialmente fabbricate nei laboratori dell'ENEA. Il gruppo del Prof. Balucani dello stesso dipartimento svolge una ricerca che ha l'obiettivo di sviluppare nuovi processi da utilizzare per la realizzazione di moduli FV. In particolare, il gruppo si occupa dello sviluppo di un'attrezzatura prototipale per l'embossing di vetri in modo da spostare il texturing dal wafer di silicio, su cui viene attualmente realizzato, al vetro. Questa attività può avere evidenti ricadute in termini industriali, quando ne sia dimostrato il vantaggio rispetto alle tecnologie ad oggi in uso.</p>
<p>Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione</p>	<p>L'attività svolta dal Dipartimento di ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'informazione dell'Università "Federico II" riguarda lo sviluppo e l'applicazione di tecniche di misura impedenziometriche per la caratterizzazione delle interfacce nei dispositivi fotovoltaici e la relativa modellistica. Tale attività ha lo scopo di ricavare informazioni relativamente ai fenomeni di ricombinazione che si manifestano nella cella quando questa viene esposta ad una fonte luminosa e sulla presenza di disuniformità superficiali alle interfacce tra i vari materiali.</p>

<p>Università di Milano Bicocca - Dipartimento di Scienza dei Materiali</p>	<p>Il Dipartimento di Scienze dei Materiali di Milano Bicocca si occupa in questa annualità dello sviluppo di strati buffer da utilizzare in celle in CZTS in sostituzione dello strato CdS tipicamente utilizzato in questa tipologia di dispositivo. I materiali vengono depositati per ALD, caratterizzati e testati in dispositivi in collaborazione con ENEA.</p>
<p>Università di Napoli "Federico II" – Museo delle Scienze Agrarie</p>	<p>Il Museo delle Scienze Agrarie si occupa della sperimentazione dei sistemi fotovoltaico-fotosintesi. È stata avviata l'attività per la realizzazione di una serra di medie e grandi dimensioni con una copertura in parte costituita da moduli FV ed una sperimentazione sulla crescita di differenti specie di piante al di sotto di vetri spettralmente selettivi realizzati su piccola area. Le sperimentazioni serviranno, poi, per la calibrazione di un modello di fotosintesi capace di simulare la risposta fotosintetica a diversi livelli di ombreggiamento e composizione spettrale della luce. Gli studi condotti possono avere un forte impatto nel settore del cosiddetto agrivoltaico, utilizzo combinato di suolo per la produzione agricola e di energia elettrica.</p>
<p>Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Architettura</p>	<p>Il Dip. di Architettura dell'Università "Federico II" di Napoli studia i livelli di innovazione progettuale e tecnologica e le modalità di integrazione architettonica dei sistemi BIPV con l'obiettivo di proporre soluzioni tecniche di supporto alla progettazione, installazione e gestione di sistemi fotovoltaici integrati. Si vuole, così, valutare il potenziale grado di pervasività dei sistemi BIPV per orientare i processi decisionali verso le soluzioni più efficaci ed appropriate.</p>