

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. 3 – Periodo attività: 01/01/2020 – 30/06/2020

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 ed è stata avviata un'attività 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 assorbente 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 procedono, 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 con KCl o flakes di grafene. Il KCl è stato utilizzato sia come drogante, aggiungendolo nella soluzione acquosa di SnO_2 , sia come strato a sé stante crescendo sull' SnO_2 per valutare possibili effetti legati a proprietà morfologiche, strutturali ed elettroniche del cloruro di potassio. I differenti ETL realizzati sono stati caratterizzati e sono in corso sperimentazioni al fine di valutarne le potenzialità quando utilizzati nei dispositivi FV.

L'attività sullo sviluppo di trasportatori di lacune ha previsto la sintesi di polimeri preparati alternando una unità elettrodonatrice (fenotiazina) ed unità elettroaccettrici (benzotriazolo o benzotiadiazolo), per verificare quanto la polarizzazione elettronica così introdotta nella catena polimerica favorisca la mobilità delle buche. Analogamente è stato preparato anche un polimero alternando fenotiazina e 4,7-bis(3-esiltienil) benzotriazolo, per verificare l'effetto dell'aumento della coniugazione ad opera dell'unità 3-esiltiofenica. In tutti i casi le catene esiliche forniscono idrofobicità ai polimeri, utile per incrementare la stabilità nel tempo dei dispositivi. I polimeri sono stati caratterizzati strutturalmente mediante $^1\text{H-NMR}$ e spettroscopia UV-visibile. Sono in corso ulteriori caratterizzazioni, quali analisi termica, determinazione dei pesi molecolari e caratterizzazione elettrochimica dei polimeri sintetizzati. Accanto alla sintesi di nuovi polimeri, si stanno testando delle strategie per migliorare le proprietà dei polimeri già in uso. In particolare è stato dimostrato che il ferrocene è un ottimo additivo per i trasportatori di lacune polimerici.

In questa annualità è stata anche avviata una linea che ha l'obiettivo di passivare le interfacce tra i film di perovskite e i contatti estrattivi selettivi. Tali interfacce 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). Le principali attività sperimentali sono state focalizzate sulla preparazione di layer sottili di perovskite e sull'ottimizzazione della relativa morfologia, aspetto quest'ultimo fondamentale per poter ottenere una deposizione controllata di SAM.

Nell'ambito degli studi focalizzati sulla definizione degli elettrodi con le migliori proprietà per le celle in perovskite, sono in corso di sperimentazione sia contatti opachi (rame, oro e argento), che contatti trasparenti basati principalmente su ossido di stagno ed indio (ITO). L'ITO è depositato tramite sputtering sia su cella diretta (n-i-p) che su cella invertita (p-i-n). Sulla cella diretta la deposizione avviene su PTAA, mentre su quella invertita sia su PCBM che su ossido di stagno e in quest'ultima configurazione è stato verificato che l'ITO permette di avere celle solari con alte stabilità sotto illuminazione continua.

Le attività teoriche svolte a supporto delle sperimentazioni sullo sviluppo di celle in perovskite hanno riguardato lo studio teorico ab initio delle proprietà strutturali ed elettroniche dell'interfaccia tra il materiale otticamente attivo, la perovskite del tipo $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (MAPI), ed uno dei materiali proposti come strato trasportatore di lacune, l'ossido di Nichel (NiO), un materiale intrinsecamente di tipo p per la presenza di vacanze di nichel come difetti nativi. Oltre alle vacanze di Ni sono stati studiati anche difetti sostituzionali di Li ed Ag, proposti da recenti studi sperimentali. Al fine di identificare la natura dell'interazione tra NiO e MAPI e la struttura elettronica dell'interfaccia MAPI/NiO, sono stati costruiti modelli di etero-giunzione tra i due materiali, mettendo in contatto due surface-slab nella direzione perpendicolare alla loro superficie e ponendo i droganti, Li e Ag, sulla superficie dell'NiO all'interfaccia con la MAPI. I risultati ottenuti in questo primo semestre riguardano le energie di adesione e le modificazioni strutturali indotte dalla formazione delle interfacce. Sono state inoltre studiate le proprietà elettroniche ed in particolare è stato stimato qualitativamente il posizionamento relativo delle bande di valenza dei due materiali al fine di valutare l'efficienza del trasferimento delle lacune dalla MAPI al trasportatore di lacune. Dai dati ottenuti dalle simulazioni risulta che il modello di NiO di tipo p esibisce l'allineamento desiderato, mentre per entrambi i droganti la formazione di stati all'interfaccia induce effetti che modificano la posizione relativa delle bande, potenzialmente compromettendo il passaggio di carica.

L'attività di ricerca svolta sullo sviluppo di film di grafene per applicazioni in celle solari ha riguardato l'implementazione del processo di crescita CVD del grafene e la messa a punto di metodologie di trasferimento dei film di grafene. È stata ottimizzata la procedura di crescita del grafene con l'integrazione, nel processo CVD sul foglio di rame, di processi plasmochimici di pretrattamento con idrogeno e azoto per la formazione di cluster rame-azoto. La sperimentazione ha permesso di produrre grafene contenente azoto sostituzionale (pirrolico e piridinico) con proprietà di trasporto modulabili e, in particolare, con una aumentata conducibilità elettrica (sheet resistance singolo strato 350 Ohm/square). Per quanto riguarda i processi di trasferimento, la sperimentazione ha riguardato sia l'ottimizzazione della metodologia "layer-by-layer" di trasferimento con supporto (thermal tape) che la messa a punto di una nuova metodologia senza supporto che consente il trasferimento del grafene multistrato (6÷10 strati) con una singola operazione. Sono in corso esperimenti che riguardano il trasferimento con la metodologia "support-free" di un foglio di 5 strati di grafene su wafer di silicio testurizzato per valutarne le potenzialità nell'applicazione in celle solari in silicio.

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. Accanto a queste attività sono state avviate nel secondo anno delle attività sullo sviluppo di possibili innovazioni nei processi industriali di realizzazione dei moduli FV. È stata, inoltre, avviata un'attività che ha lo scopo di definire soluzioni FV per involucri semi-trasparenti da utilizzare in edifici (BIPV) o nel settore agroPV.

Per quanto riguarda la cella solare in silicio sono stati effettuati studi su possibili materiali da utilizzare come contatti selettivi delle cariche in alternativa ai film drogati di silicio di tipo standard. Sono state realizzate celle SHJ su wafer di c-Si testurizzato usando come contatto selettivo per le lacune l'NiO drogato con litio depositato con tecnica e-beam. È stato osservato un comportamento rettificante, ma è stato verificato che la deposizione comporta un forte danneggiamento della passivazione dei campioni. Nel seguito delle attività si proverà a usare livelli più alti di doping e/o cambiare metodo di deposizione. Utilizzando lo ZnS come contatto selettivo per gli elettroni non è stato invece ottenuto un contatto ohmico; nel seguito delle attività si proverà a drogare il materiale. È stata, inoltre, avviata una sperimentazione sulla deposizione per evaporazione termica di film sottili di fluoruro di litio (LiF) da utilizzare come trasportatore di elettroni. Al momento sono state assestate le condizioni per la deposizione degli spessori da utilizzare nei dispositivi (1-2 nm) e sono stati programmati i test di realizzazione dei dispositivi. Sono anche stati studiati film sottile a base di silicio depositati per PECVD con l'obiettivo di ottenere film più trasparenti e conduttivi rispetto a quelli attualmente in uso nelle celle solari SHJ. In particolare sono stati studiati film di silicio amorfo drogato di tipo n depositati in alta diluizione di idrogeno e film di silicio-carbonio amorfo drogato di tipo p (p-type a-SiC:H). Utilizzando quest'ultimo materiale in celle SHJ su wafer

di c-Si di tipo n in combinazione con un film passivante di ossido di silicio è stata realizzata una cella SHJ con efficienza poco inferiore al 20%, che, grazie alla maggiore trasparenza dell'a-SiC:H rispetto al silicio amorfo, ha evidenziato un guadagno in corrente di corto circuito di circa 1.5 mA/cm^2 rispetto ad una cella con emitter standard.

Sono state eseguite simulazioni numeriche di celle a eterogiunzione basate su c-Si che hanno consentito di mettere a punto, a partire dalle misure di caratteristiche J-V a varie temperature e dalle caratteristiche J-V in dark e light, una metodologia che consente di evidenziare la presenza di barriere nascoste ai contatti selettivi che influiscono sul FF della cella solare.

Si è, poi, avviato lo sviluppo di due possibili ossidi trasparenti e conduttivi (TCO) realizzati con film di ossido di indio drogato con tungsteno (IWO) e ossido di zinco drogato con indio (IZO) depositati mediante RF-sputtering, ottenendo per entrambi i materiali film caratterizzati da buone proprietà elettriche (mobilità intorno a $40 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ e resistività di circa $4 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$). Tali TCO saranno utilizzati per la realizzazione di celle solari a eterogiunzione di silicio per valutarne le potenzialità, anche in vista di un loro impiego in dispositivi FV tandem.

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). Nella scorsa annualità l'attività era stata concentrata sullo sviluppo di celle tandem ad accoppiamento meccanico per le quali era stata misurata un'efficienza massima superiore al 26%. Nel primo semestre di questa annualità la sperimentazione ha avuto l'obiettivo di migliorare il processo di realizzazione delle celle tandem monolitiche. In particolare si è lavorato alla giunzione tunnel che collega le due celle componenti e al contatto frontale del dispositivo tandem. Il lavoro svolto finora ha consentito di mettere a punto una baseline di processo per la realizzazione di celle tandem monolitiche perovskite/Si ripetibile e che ha permesso di migliorare il risultato ottenuto nello scorso triennio della ricerca di sistema: è stata infatti realizzata una cella tandem perovskite/Si monolitica con un'efficienza superiore al 17%, mentre nello scorso triennio l'efficienza massima misurata era stata pari al 16.3%.

Relativamente allo sviluppo di celle CZTS/Si, per analizzare le limitazioni in termini di corrente valutate sui dispositivi prodotti nella precedente annualità presumibilmente causate dall'insufficiente trasparenza dello stack superiore della cella tandem nell'infrarosso, si è lavorato allo sviluppo di un modello ottico del dispositivo, effettuando preliminarmente sia delle accurate caratterizzazioni spettrofotometriche che simulazioni ottiche di ogni singolo strato della cella. Una volta ottenuti i valori di indice di rifrazione complesso per ogni materiale si è potuto calcolare l'assorbimento totale dello stack superiore ed il contributo di ogni singolo layer. Il risultato è stato che i due layer più critici di tutta la struttura in termini di perdite sono lo strato finestra di ITO e il contatto intermedio in MoS_2 . Alla luce di questi risultati, si è inizialmente proceduto ad una ulteriore ottimizzazione delle condizioni di deposizione per sputtering dello strato di ITO in termini di trasparenza e conducibilità. In seguito si è ottenuto un ulteriore miglioramento sostituendo lo strato di ITO con un film di IWO che grazie alla minore concentrazione di droganti possiede una mobilità maggiore e quindi un minore assorbimento nell'IR. Parallelamente si è avviata una attività per lo sviluppo di un nuovo strato di MoS_2 attraverso metodi alternativi rispetto al processo ad alta temperatura in ambiente di zolfo utilizzato finora per convertire il molibdeno metallico in MoS_2 , processo piuttosto critico poiché aggressivo per i TCO e il silicio sottostanti e scarsamente controllabile in termini di completa conversione dell'Mo. Una prima strategia è stata quella di sostituire il molibdeno metallico con l'ossido di molibdeno (MoO_3) per garantire una migliore trasparenza anche in caso di solforizzazione incompleta. I risultati preliminari evidenziano da un lato un aumento della trasparenza dello stack che collega le due celle componenti e una buona omogeneità dei dispositivi ottenuti con alti valori di FF, dall'altro lato, tuttavia, le prestazioni dei dispositivi sono limitate da bassi valori di Voc e Jsc da attribuire alla scarsa qualità del materiale assorbitore (CZTS) in presenza di MoO_3 . Si sta perciò lavorando intensamente alla deposizione diretta dell' MoS_2 per sputtering e a breve gli strati sviluppati verranno testati nella produzione di nuovi dispositivi sia a singola giunzione che tandem.

Accanto alla tecnica del co-sputtering per la crescita dei film di CZTS in questa annualità è stata avviata una sperimentazione sullo sviluppo di un processo di sintesi wet per film assorbitori di CZTS. In particolare si è

ottimizzato un inchiostro sciogliendo, in DMSO, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ [0.27 M], $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [0.19 M], $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [0.16 M] come precursori metallici e tiourea $\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ (3.0M) come sorgente di zolfo. L'inchiostro di viscosità opportuna è stato depositato tramite dip-coating su diversi substrati e trattato termicamente in argon tra 520 °C e 550 °C. I film assorbitori sono stati caratterizzati mediante diffrazione a raggi X, spettroscopia Raman e spettroscopia UV-VIS. Tali caratterizzazioni hanno evidenziato l'ottenimento della fase cristallografica voluta, l'assenza di seconde fasi e un band gap pari a circa 1.40 eV. Misure SEM e analisi EDX hanno mostrato film compatti con dimensione di grani intorno a 500-700 nm e rapporti di composizioni ideali e tunabili dalla composizione della soluzione. Sono stati realizzati prototipi di celle solari con configurazione standard (Glass FTO o Mo/CZTS/CdS/ZnO/AZO), utilizzando sia un contatto opaco (Mo) sia trasparente (ossido di stagno drogato con fluoro - FTO) per applicazioni in celle tandem o bifacciali. Le efficienze raggiunte sono dell'ordine dell'1.5%, ma è stata ottenuta un'elevata corrente di corto circuito ($J_{sc} = 18-19 \text{ mA/cm}^2$). Le caratterizzazioni I-V e le simulazioni SCAPS (Solar Cell Capacitance Simulator) hanno evidenziato un non ottimale contatto posteriore e la presenza di centri di ricombinazione in accordo anche con misure di PL (probabilmente all'interfaccia con CdS).

Lo studio di moduli FV innovativi procede su due direzioni: sviluppare moduli a film sottile di perovskite e introdurre delle innovazioni nei processi attualmente in uso per la produzione di moduli FV in silicio.

Per quanto riguarda i moduli a film sottile di perovskite, al fine di migliorare il processo di patterning e aumentare il Geometrical Fill Factor (GFF) è stato acquisito un nuovo laser impulsato con lunghezza d'onda UV (355 nm). Con questa lunghezza d'onda è stato possibile ottenere pattern ottimizzati per realizzare il modulo completo. È stato, inoltre, migliorato lo stack con cui sono realizzati i moduli, in modo da ridurre la differenza di efficienza tra celle di piccola area e moduli. Utilizzando queste ottimizzazioni si è riuscito a realizzare un modulo FV in perovskite di efficienza superiore al 17% su un'area attiva di circa 50 cm^2 .

Sono state, poi, avviate 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. Sono state eseguite le simulazioni ottiche necessarie per definire le micro-geometrie degli stampi per il roll-embossing dei vetri ed è iniziato lo sviluppo di un'attrezzatura prototipale per eseguire tale embossing.

Nell'ambito delle attività svolte con l'obiettivo di sviluppare, su differenti scale, strutture semitrasparenti da utilizzare per una sperimentazione sul sistema fotovoltaico-pianta, sono state progettate e realizzate delle architetture di cella solare a film sottile di silicio su area $10 \times 10 \text{ cm}^2$ con configurazione vetro/AZO/a-Si:H/back-contact, dove il contatto posteriore è costituito da un multistrato che alterna strati ultrasottili di metallo (Ag) e AZO. Le strutture sono state progettate in modo tale da far passare parti dello spettro solare utili alla crescita delle piante. Tali "vetri" spettralmente selettivi sono in fase di test per verificare l'effettiva crescita delle piante quando poste al di sotto di essi. È stata, inoltre, progettata una serra prototipale con copertura, di circa 15 m^2 , in parte costituita da moduli FV innovativi a ombreggiamento parziale controllato. Tale serra sarà realizzata a breve e utilizzata per le sperimentazioni previste con l'obiettivo di favorire il funzionamento integrato di fotovoltaico e fotosintesi.

Accanto agli studi di tipo sperimentale su involucri semitrasparenti da utilizzare in ambito agroPV e/o BIPV è stato anche avviato uno studio preliminare finalizzato alla costruzione di un catalogo di soluzioni tecniche di supporto alla progettazione, installazione e gestione di sistemi fotovoltaici integrati, mediante la definizione di indicatori e parametri per l'individuazione dei livelli di integrabilità dei sistemi BIPV e della relativa produzione energetica.

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 preparati alcuni lavori che sono stati sottomessi su riviste internazionali.

| ATTIVITA' SVOLTE | |
|--|--|
| AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO | SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO |
| ENEA | <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 e di TCO per celle solari in perovskite e a eterogiunzione di silicio. 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.</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 ed è stata avviata la progettazione di una serra con copertura fotovoltaica. Questi studi possono avere ricadute sia in ambito BIPV che nell'agroPV. ENEA è inoltre responsabile delle attività di diffusione dei risultati della ricerca.</p> |
| Università di Roma Tor Vergata – Dipartimento di Ingegneria Elettronica | <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 e trasportatori di carica che rendano i dispositivi stabili, valutando sia l'architettura di cella diretta (n-i-p) che invertita (p-i-n). Inoltre si stanno testando differenti tipologie di elettrodi da utilizzare per le celle opache o semitrasparenti. 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.</p> |
| Università di Torino – Dipartimento di Chimica | <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> |
| Università di Napoli "Federico II" – Dipartimento di Fisica | <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 CH₃NH₃PbI₃. 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> |
| Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Ingegneria Chimica dei Materiali e della produzione Industriale | <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> |

| | |
|--|---|
| Politecnico di Bari | Il politecnico di Bari è impegnato sullo sviluppo di film di grafene ottenuti con tecnica CVD caratterizzati da bassa resistenze 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. |
| Università di Roma "Sapienza" – Dip. di Ingegneria dell'Informazione, Elettronica e Telecomunicazioni | 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 possibili ossidi metallici depositati per sputtering da utilizzare nelle celle SHJ. 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. |
| Università di Roma "Sapienza" – Dip. Di Chimica | Il Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma "Sapienza" svolge un'attività sullo sviluppo di contatti selettivi a film sottile depositati a partire da precursori in soluzione per celle solari SHJ. In particolare il lavoro riguarda la messa a punto di metodologie per realizzare film trasportatori di lacune di NiO drogato con litio. L'attività nasce con l'idea di valutare strati trasportatori di carica preparati con tecniche poco costose rispetto alle tecniche in vuoto generalmente utilizzate nella realizzazione di dispositivi FV. |
| Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione | 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. |
| Università di Milano Bicocca – Dipartimento di Scienza dei Materiali | Il Dipartimento di Scienze dei Materiali di Milano Bicocca si occupa in questa annualità dello sviluppo di inchiostri per la crescita di film di CZTS mediante tecniche di deposizione a basso costo. I film di CZTS vengono depositati, caratterizzati e testati in celle solari in modo da valutare le potenzialità del materiale assorbitore così prodotto rispetto a quello realizzato con le tecniche di deposizione in vuoto, più consolidate ma più costose. |
| Università di Napoli "Federico II" – Museo delle Scienze Agrarie | Il Museo delle Scienze Agrarie si occupa della sperimentazione dei sistemi fotovoltaico-fotosintesi. E' stata avviata l'attività per la realizzazione di una serra di medie 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 agroPV, utilizzo combinato di suolo per la produzione agricola e di energia elettrica. |
| Università di Napoli "Federico II" – Dip. di Architettura | 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. |