



Ricerca di Sistema elettrico

## Attività di diffusione dei risultati e collaborazioni internazionali

Paola Delli Veneri, Giorgio Graditi

ATTIVITÀ DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI E COLLABORAZIONI INTERNAZIONALI

Paola Delli Veneri, Giorgio Graditi (ENEA)

Settembre 2016

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Generazione di energia elettrica con basse emissioni di carbonio

Progetto: "Ricerca su tecnologie fotovoltaiche innovative"

Obiettivo: Comunicazione e diffusione dei risultati

Responsabile del Progetto: Paola Delli Veneri, ENEA



## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI.....	5
2.1 ORGANIZZAZIONE DEL WORKSHOP “ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE” .....	5
2.2 ATTIVITÀ SVOLTE NEL “PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME” DELLA IEA.....	7
2.3 PUBBLICAZIONI E PRESENTAZIONI A CONVEGNI .....	8
3 CONCLUSIONI.....	10

## Sommario

L'attività di diffusione della ricerca è stata svolta attraverso la presentazione dei risultati in convegni, conferenze, workshop e tramite pubblicazioni su riviste internazionali. E' stata inoltre curata l'organizzazione di una scuola, ISOPHOS 2016, per promuovere la conoscenza nel settore del fotovoltaico innovativo verso giovani ricercatori e studenti PhD. L'insieme di queste iniziative ha consentito di diffondere le attività e darne visibilità verso un'ampia platea. In particolare la partecipazione a conferenze ha consentito un confronto con gli altri gruppi di ricerca del settore, fondamentale per il progresso delle stesse attività condotte sulla tematica del fotovoltaico. Infine è stata garantita la partecipazione italiana all'Implementing Agreement "Photovoltaic Power System" della IEA in modo da rendere disponibili e pubblici i risultati degli studi condotti in questo ambito.

## 1 Introduzione

La diffusione dei risultati delle attività relative al piano annuale di realizzazione 2015 sullo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche innovative è stata svolta utilizzando differenti canali in modo da ampliare al massimo la platea di riferimento. Infatti la promozione delle attività nel settore di appartenenza viene effettuata abbastanza semplicemente, utilizzando canali predefiniti (conferenze tematiche, riviste specializzate nazionali e internazionali), mentre più complicato è creare degli eventi fruibili ad una platea di non addetti ai lavori, quali sono ad esempio gli utenti del sistema elettrico nazionale che sono proprio i beneficiari delle ricerche svolte.

In questo rapporto viene descritto il lavoro svolto sulla diffusione dei risultati e sulle attività di collaborazione internazionali. Le attività sono state incentrate su tre punti: 1) organizzazione della *School on Hybrid and Organic Photovoltaics (ISOPHOS) 2016*; 2) partecipazione al programma della IEA - *Photovoltaic Power Systems Programme*; 3) pubblicazioni su rivista e proceedings di conferenza; 4) partecipazioni a conferenze e convegni nazionali ed internazionali.

## 2 Descrizione delle attività svolte e risultati

### 2.1 *School on Hybrid and Organic Photovoltaics (ISOPHOS) 2016*

L'Università di Tor Vergata, il Center for Hybrid and Organic Solar Energy (CHOSE) e l'Enea hanno curato l'organizzazione della decima edizione dell'International School on Hybrid and Organic Photovoltaics che si è tenuta dall'11 al 15 Settembre 2016 presso Castiglione della Pescaia (Toscana). La scuola ha avuto l'obiettivo di approfondire le ultime ricerche e i recenti risultati nel campo della tecnologia fotovoltaica ibrida e organica con particolare enfasi sulla tematica delle celle a base di perovskite. La scuola è stata indirizzata a studenti PhD, Post Docs e ricercatori ed ha rappresentato un'importante occasione di incontro tra persone provenienti da aree differenti di competenza (fisici, chimici e ingegneri). Nel corso della prima giornata della scuola è stata organizzata anche una sessione speciale nella quale gli studenti hanno avuto l'opportunità di presentare il loro lavoro in modo da condividere idee e soluzioni relative alle varie tematiche in discussione. Come risulta dall'annuncio della scuola (figura 2.1.1), gli speaker che hanno tenuto le *lectures* sono delle personalità di assoluto rilievo nel contesto internazionale della ricerca fotovoltaica.

**ISOPHOS**  
INTERNATIONAL SCHOOL ON HYBRID AND ORGANIC PHOTOVOLTAICS  
2016

Castiglione della Pescaia (Tuscany -Italy)  
September 11-15, 2016

**10th edition**

**ABOUT THE REGISTRATION:**

- FEE  
€ 690,00 VAT included all inclusive (lectures, accommodation, lunches, excursions, dinners and breaks).
- REGISTRATION DEAD LINE:  
25th AUGUST 2016
- GRANTS:  
a limited number of grants are available (please send your CV)
- FOR INFO CONTACT US  
isophos@chose.it

The 10th edition of the International School on Hybrid and Organic Photovoltaics (ISOPHOS®) will be held from the 11th till 15th of September 2016 in the wonderful atmosphere of Castiglione della Pescaia (Tuscany, Italy), an ancient seaside town grown around a medieval fortress and a large fishery, from which it got its designation.

ISOPHOS 2016 is organized by the Center for Hybrid and Organic Solar Energy (CHOSE) of Lazio Region-University of Rome Tor Vergata, ENEA and the Startup Cicci Research.

The school focuses on recent advances in science and technology of organic and hybrid photovoltaic devices, including small molecules, polymers, perovskites, dye solar cells and the use of Graphene and other 2D materials for energy applications. Both experimental and theory/simulation descriptions of the organic and hybrid PV will be presented.

Introductory and advanced lectures, held by world-recognized experts, will lead the attendee to this fascinating world. A unique opportunity to meet people from the different areas of research (chemistry, physics and engineering) and discuss about the subject. The school is dedicated to PhDs, Post Docs and researchers who are interested to acquire an updated knowledge in these fields. A special session will give to students the opportunity to present their own work to share ideas and solutions. Moreover, representative of several EU projects will be present at the school to allow and easy interaction between different research activities

The school is sponsored by the European research projects CHEOPS and Graphene Flagship, the EU COST Action StableNextSol, The Italian projects PRIN-Aquasol and "Research on innovative photovoltaic technologies" funded by the Italian Ministry of Economic Development and the start up company Cicci Research.

**Confirmed School Speakers:**

- TOM AERNOOTS (IMEC, Organic Photovoltaics, Belgium)
- FILIPPO DE ANGELIS (CNR, Italy)
- JULIAN BURSCHKA (Merck group, Germany)
- MATTHIAS AUF DER MAUR (University of Rome Tor Vergata, Italy)
- MARISKA DE WILD-SCHOLTEN (SmartGreenScans, Netherlands)
- MÓNICA LIRA-CANTÚ (Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology, Spain)
- LUCIO CINÁ (Center of Hybrid and Organic Solar Energy, Italy)
- GERRIT BOSCHLOO (Uppsala University, Sweden)
- BJÖRN NIESEN (EPFL, Switzerland)

**UNDER THE PATRONAGE OF**

**ORGANIZERS:**

**CHOOSE ENEA**

**SPONSORS:**

**CHAIRPERSONS:**

- Aldo Di Carlo
- Paola Delli Veneri
- Francesca Brunetti
- Thomas M Brown

[isophos@chose.it](mailto:isophos@chose.it)  
[www.chose.uniroma2.it/ISOPHOS-2016](http://www.chose.uniroma2.it/ISOPHOS-2016)

Figura 2.1.1: Brochure di presentazione della School on Hybrid and Organic Photovoltaics (ISOPHOS) 2016

## 2.2 Attività svolte nel “Photovoltaic Power Systems Programme” della IEA

Il Task 14 “High Penetration of PV Systems in Electricity Grids” costituisce una delle linee di ricerca del Programma IEA PVPS (Photovoltaic Power Systems Programme) e si prefigge come principale obiettivo la diffusione e l’incremento dell’utilizzo del fotovoltaico nelle reti elettriche di trasmissione e distribuzione, lo studio e l’analisi delle problematiche tecniche relative all’integrazione in rete dei generatori fotovoltaici e l’erogazione dei servizi ancillari di rete e di utente. ENEA, rappresentata da Giorgio Graditi in qualità di membro italiano dell’IEA PVPS Task 14, contribuisce ai lavori con particolare attenzione alle attività di cui si riporta di seguito una sintesi:

### Lo stato attuale e l’evoluzione del fotovoltaico in Italia

Al 31 dicembre 2015 gli impianti fotovoltaici installati in Italia risultano 688.398, cui corrisponde una potenza pari a circa 19 GW. Particolarmente interessante è la loro distribuzione in funzione delle classi di potenza. Gli impianti di piccola taglia (potenza inferiore o uguale a 20 kW) sono oltre 620.000 e rappresentano, quindi, oltre il 90% degli impianti installati in Italia. A riguardo è interessante evidenziare che, se il segmento residenziale è andato abbastanza bene grazie alle detrazioni fiscali, gli impianti di media taglia (sopra i 20 kW), in configurazione SEU (Sistema Efficiente di Utenza) al servizio di utenze aziendali, non riescono ancora a decollare. Sul lato produzione a fine novembre 2015 l’elettricità, prodotta dai quasi 19 GW in esercizio, era arrivata a 23,8 TWh, cioè quasi il 13% in più rispetto alla produzione del periodo gennaio-novembre 2014. Una generazione che rappresenta l’8,2% della domanda elettrica e il 9,6% della produzione, oltre a costituire il 23,2% di tutta l’elettricità da rinnovabili. Si tratta di dati positivi, inimmaginabili sino a 5-6 anni fa, che rendono il nostro Paese tra i leader mondiali per diffusione del fotovoltaico, in termini di potenza (potenza totale installata, numero di impianti, penetrazione per segmento di mercato, modalità di connessione alla rete) e produzione di energia elettrica (produzione totale di energia elettrica, percentuale media di copertura alla domanda, punte massime di copertura del fabbisogno). La panoramica generale è stata completata con l’analisi dell’evoluzione dello scenario normativo italiano e delle potenziali barriere alla diffusione, su larga scala, della tecnologia fotovoltaica in Italia, conseguenti anche all’incertezza del quadro regolatorio di riferimento.

### Integrazione del fotovoltaico nelle reti elettriche (Smart Grid)

Il significativo incremento della generazione di energia elettrica da fonte rinnovabile, in particolare da solare fotovoltaico e la massiva diffusione della generazione distribuita hanno comportato un’accelerazione del processo di ammodernamento dell’attuale infrastruttura della rete elettrica e di evoluzione e transizione del modello energetico in essere. In particolare, in linea con gli sviluppi tecnologici e sistemici determinati dall’affermazione delle Smart Grid sono state affrontate le problematiche relative all’integrazione in rete di un numero elevato di generatori fotovoltaici e soprattutto della necessità di fornire un contributo in termini di servizi di rete (regolazione potenza reattiva, tensione, etc.) al fine di poter assicurare adeguati livelli di affidabilità e qualità del servizio offerto. Inoltre, sono state analizzate le possibili soluzioni tecnologiche/tecniche orientate a favorire, sempre tenendo presente necessario compromesso tecnico-economico delle proposte individuate, l’utilizzo congiunto del fotovoltaico con i sistemi di accumulo di energia elettrica nell’ottica sia di poter limitare e/o superare la criticità legata alla non programmabilità della produzione energetica, sia di consentire un adeguato bilanciamento tra produzione e consumo a vantaggio dell’affidabilità e economicità del servizio.

### Tecnologie e sistemi di conversione

Con uno sguardo agli sviluppi futuri ed in linea con gli obiettivi del Task 14, si è proceduto, in collaborazione con gli altri membri del Task 14, allo studio di soluzioni tecnologiche/tecniche per lo sviluppo di convertitori “Smart” per applicazioni fotovoltaiche in diversi contesti (reti energetiche integrate, smart grid, edilizia residenziale e industriale, NZEBs, etc.). La disponibilità di convertitori avanzati (ad esempio convertitori multilivello) risulta sempre più centrale per favorire l’incremento dell’integrazione in dei generatori fotovoltaici nel contesto delle reti di poli-generazione distribuita da fonte rinnovabile e non ed in presenza

di accumulo di energia. In questo ambito ENEA ha messo a servizio del gruppo di lavoro la sua pluriennale esperienza nella progettazione e caratterizzazione di convertitori DC/DC (DMPPT e SMPPT) e micro-inverter per applicazioni fotovoltaiche e nello sviluppo di configurazioni topologiche avanzate con l'utilizzo di dispositivi basati su materiali e tecnologie innovativi.

### 2.3 Pubblicazioni e presentazioni a convegni

Di seguito si riportano le pubblicazioni e le presentazioni a congressi.

#### Pubblicazioni su rivista e in atti di Conferenza

1. A. De Maria, V. La Ferrara, L. V. Mercaldo, E. Bobeico, T. Di Luccio, and P. Delli Veneri, *Solution-processed perovskite thin films for planar solar cells under ambient conditions*, IET Conference Publications 2016, DOI: 10.1049/cp.2016.0950.
2. F. Matteocci, S. Razza, S. Casaluci, N. Yaghoobiniya, A. Di Carlo, L. Serenelli, M. Izzi, G. Stracci, A. Mittiga, M. Tucci, *Perovskite and a-Si:H/c-Si tandem solar cell*, Proceedings 42nd IEEE Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2015, DOI: 10.1109/PVSC.2015.7356419.
3. Lucia V. Mercaldo, Iurie Usatii and Paola Delli Veneri, *Advances in Thin-Film Si Solar Cells by Means of SiOx Alloys*, Energies 2016, 9, 218; doi:10.3390/en9030218.
4. L. Martini, L. Serenelli, L. Imbimbo, F. Menchini, M. Izzi, R. Asquini, M. Tucci, *Optimal Thermal Annealing of a-SiOx Layer Obtained by PECVD for Heterojunction*, Proceedings of 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, June 2016, Munich, p. 651 – 655.
5. L. Serenelli, L. Martini, L. Imbimbo, R. Asquini, F. Menchini, M. Izzi, M. Tucci, *Metastability of a-SiOx:H thin films for c-Si surface passivation*, Applied Surface Science, Volume 392 (2017) p. 430-440.
6. M.L. Addonizio, L. Fusco, A. Antonaia, A. Spadoni, *Dry Plasma texturing of Mono-Si for silicon heterojunction solar cells application*, Proceedings of 32nd EUPVSEC, Munich 20-25 June (2016) 935–939.
7. L. Lancellotti, E. Bobeico, A. Capasso, E. Lago, P. Delli Veneri, E. Leoni, F. Buonocore, N. Lisi, *Combined effect of double antireflection coating and reversible molecular doping on performance of few-layer graphene/n-silicon Schottky barrier solar cells*, Solar Energy 127 (2016) 198–205.
8. Valentini, M., Malerba, C., Menchini, F., Tedeschi, D., Polimeni, A., Capizzi, M., Mittiga, A., *Effect of the order-disorder transition on the optical properties of Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub>*, Applied Physics Letters, 108 (21) (2016) art. no. 211909, DOI: 10.1063/1.4952973
9. Malerba C., Valentini M., Azanza Ricardo C.L, Rinaldi A., Cappelletto E., Scardi P. and Mittiga A., *Blistering in Cu<sub>2</sub>ZnSnS<sub>4</sub> thin films: correlation with residual stresses*, Materials and Design (2016) doi:10.1016/j.matdes.2016.07.019
10. Santoni, A., Rondino, F., Malerba, C., Valentini, M., Mittiga, A., *Electronic structure of Ar<sup>+</sup> ion-sputtered thin-film MoS<sub>2</sub>: A XPS and IPES study*, Applied Surface Science, 392 (2017) pp. 795-800, DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.09.007.
11. C. Cecati, K. Hassan, M. Tinari, G. Adinolfi, G. Graditi, *Hybrid DC Nano Grid with Renewable Energy Sources and Modular DC/DC LLC Converter Building Block*, IET Power Electronics, DOI: 10.1049/iet-pel.2016.0200.
12. Rao, S., Pangallo, G., Della Corte, F.G., *4H-SiC p-i-n diode as highly linear temperature sensor*, (2016) IEEE Transactions on Electron Devices, 63 (1), art. no. 7331278, pp. 414-418, DOI: 10.1109/TED.2015.2496913



13. Rao, S., Pangallo, G., Della Corte, F.G., *Highly Linear Temperature Sensor Based on 4H-Silicon Carbide p-i-n Diodes*, (2015) IEEE Electron Device Letters, 36 (11), art. no. 7275118, pp. 1205-1208, DOI: 10.1109/LED.2015.2481721
14. G. Graditi, G. Adinolfi, A. Del Giudice, *Experimental performances of a DMPPT mult topology converter, ICRERA 2015, 4th International Conference on Renewable Energy Research and Application*, 22-25 November, 2015, Palermo, Italy, Article number 7418561, pages 1005-1009, DOI 10.1109/ICRERA.2015.7418561, ISBN 978-147999982-8.
15. G. Di Francia, *The effect of technological innovations on the cost of the photovoltaic electricity, ICRERA 2015, 4th International Conference on Renewable Energy Research and Application*, 22-25 November, 2015, Palermo, Category number CFP1535T-ART; Code 119791.

### **Presentazioni a convegni**

1. L. Serenelli, L. Martini, M. Izzi, F. Menchini, L. Imbimbo, R. Asquini, M. Tucci, *Metastability of  $\alpha$ -SiOx:H thin films for c-Si surface passivation*, E-MRS 2016 Spring Meeting, 2-6 May 2016, Lille (France) – poster presentation.
2. Lucia V. Mercaldo, Iurie Usatii, Eugenia Bobeico, Marco Della Noce, Laura Lancellotti, Massimo Izzi, Mario Tucci, Paola Delli Veneri, *Advances in Si heterojunction solar cells on p-type wafers with ZnO:Al as TCO*, 32nd EUPVSEC, 20-25 June 2016, Munich (Germany) – poster presentation.
3. P. Delli Veneri, *Light management in thin silicon solar cells*, Workshop “Plasmonics and nanoantennas for solar cells” - Trento, 15 luglio 2016 (invited presentation).
4. Vera La Ferrara, Antonella De Maria, Marco Della Noce, Antonio Citarella, Lucia V. Mercaldo and Paola Delli Veneri, *ZnO nanorods on sputtered Al-doped ZnO seed as scaffold for perovskite solar cells*, relazione invitata alla “6th International Conference on NANOstructures and nanomaterials Self-Assembly, July 3rd-8th, 2016 - Giardini Naxos (ME), Italy (invited presentation).
5. L. Lancellotti, E. Bobeico, A. Capasso, E. Lago, P. Delli Veneri, N. Lisi *Graphene/Silicon Schottky barrier solar cells*, Graphene 2016, Genova 19-22 Aprile 2016 (oral presentation).
6. L. Serenelli, L. Martini, M. Izzi, R. Chierchia, F. Menchini, M. Tucci, *Amorphous/crystalline silicon heterojunction solar cells: state of the art and future challenges*, 102° Congresso della Società di Fisica Italiana, 26-30 settembre 2016 (invited presentation).
7. C. Malerba, M. Valentini, F. Menchini, E. Cappelletto, A. Mittiga, *Blistering effects in  $Cu_2ZnSnS_4$  thin films*, poster presentation at the 6th EU Kesterite Workshop, Newcastle, (UK), 19-20 November 2015
8. M. Valentini, C. Malerba, F. Menchini, D. Tedeschi, A. Mittiga, *Order-disorder related band gap changes in  $Cu_2ZnSnS_4$* , poster presentation at the 6th EU Kesterite Workshop, Newcastle, (UK), 19-20 November 2015
9. G. Adinolfi, G. Graditi, V. Palladino, *Auxiliary Services provided by Smart Maximum Power Point Tracking Converters: state of art and implementations*, SPEEDAM 2016, 23rd International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, Capri Island, Italy, June 22-24, 2016, pp. 1025-1029 (poster presentation).

### 3 Conclusioni

In questo report sono descritte le attività svolte per dare diffusione ai risultati conseguiti sullo sviluppo di tecnologie fotovoltaiche innovative. Le attività si sono sviluppate su due linee principali. La prima ha riguardato l'organizzazione della School on Hybrid and Organic Photovoltaics (ISOPHOS) dall'11 al 15 settembre 2016 a Castiglione della Pescaia (Toscana). Tale scuola ha avuto l'obiettivo di promuovere la diffusione della conoscenza nell'ambito della tecnologia fotovoltaica innovativa e di favorire lo scambio di idee tra giovani ricercatori coinvolti nel settore. La diffusione dei risultati è stata poi curata con lo strumento maggiormente utilizzato dalla ricerca e cioè mediante la pubblicazione su riviste scientifiche e proceedings di Conferenza e mediante la partecipazione a Convegni/Conferenze. Inoltre, nell'ambito delle Collaborazioni Internazionali previste dal PAR2015, l'ENEA ha partecipato alle attività sul Programma IEA "Photovoltaic Power Systems".