

FONDO SOCIALE EUROPEO IN SINERGIA CON IL FONDO EUROPEO DI SVILUPPO
REGIONALE
POR 2014-2020 – OBIETTIVO "INVESTIMENTI A FAVORE DELLA CRESCITA E
DELL'OCCUPAZIONE"
STRATEGIE REGIONALI PER IL SISTEMA UNIVERSITARIO
"INNOVAZIONE E RICERCA PER UN VENETO PIÙ COMPETITIVO
ASSEGNI DI RICERCA - ANNO 2019"
DGR NR. 1463 DEL 08/10/2019



UNIONE EUROPEA
Fondo sociale europeo



REGIONE DEL VENETO



POR FSE 2014-2020
REGIONE DEL VENETO



Organismo
di Formazione
accreditato
dalla Regione
del Veneto



UNIVERSITÀ
di **VERONA**



UNIVERSITÀ
di **VERONA**

Integrazione nei palazzi di celle fotovoltaiche nanostrutturate per spray (BISPRASOL) - REALIZZAZIONE DI DISPOSITIVI FOTOVOLTAICI INTEGRABILI NEI PREFABBRICATI DI MANNI GREEN TECH

COD. ENTE 1695 UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI VERONA
ASSE OCCUPABILITA' - DGR NR. 1463 DEL 08/10/2019

Codice Progetto	1695-0015-1463-2019
Referente progetto	Alessandro Romeo
Assegnista	Prabeesh Punathil
Dipartimento	Informatica

Energia solare



UNIVERSITÀ
di VERONA

L'ultima risorsa recuperabile di petrolio dalla Terra, stimata in 3 trilioni di barili, contiene 1.7×10^{22} joule di energia, che il Sole fornisce alla Terra in 1.5 giorni.



Celle fotovoltaiche di II generazione: film sottili

Oggi

I generazione

Silicio mono e poli cristallino



Tecnologia più diffusa
Tradizionale



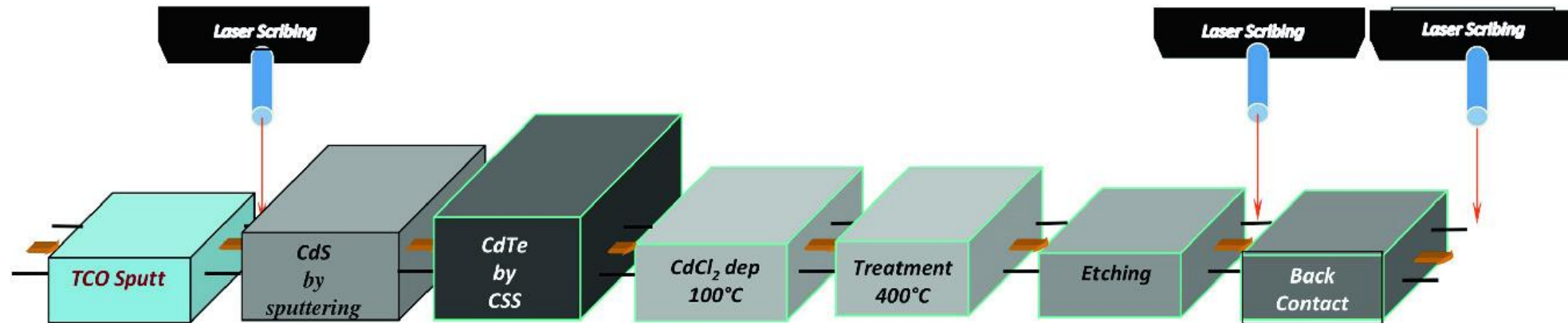
Domani

II generazione: film sottile
CdTe, CIS/CIGS, CZTS/CZTSSe



Tecnologia che si sta diffondendo
Minori costi di produzione
Pannelli leggeri e flessibili
Migliore integrabilità negli edifici

Celle fotovoltaiche a film sottile: produzione in linea



Linea di produzione CdTe First Solar (USA)

Linea di produzione moduli a film sottile (es. CdTe): dal pannello di vetro al modulo fotovoltaico in pochi minuti

RIS 3 Veneto e Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile



Moduli fotovoltaici
Il generazione



Integrabilità dei
moduli nei materiali
da costruzione



Fotovoltaico integrato negli edifici

In linea con:

- RIS 3 Veneto nell'ambito del 'sustainable living'
- Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile obiettivi:
7 'energia pulita e accessibile' e 11 'città e comunità sostenibili'

Strato assorbitore



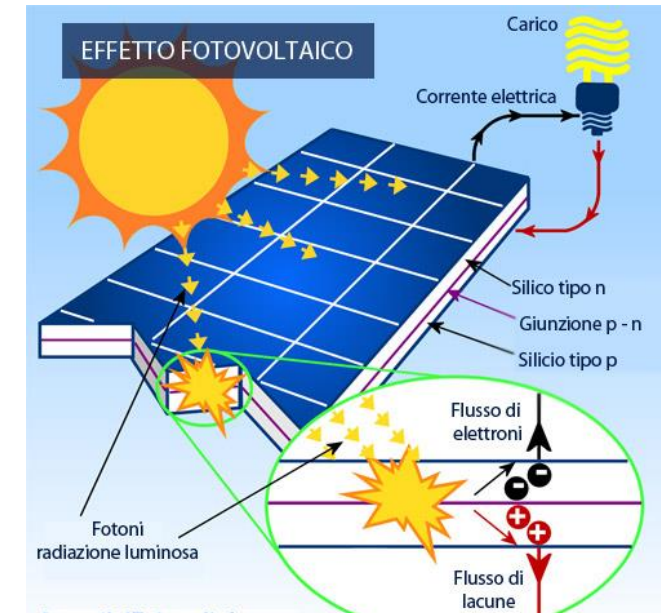
Contatto frontale
Strato finestra

Strato assorbitore
(CZTSSe)

Contatto posteriore
Vetro/polimero

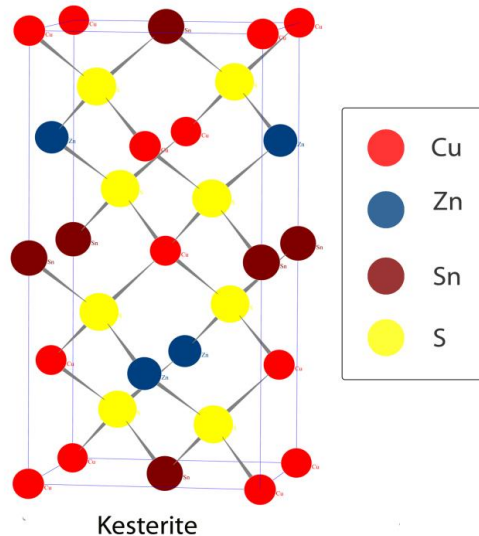
Struttura della cella

- Strato fondamentale, la cella prende il nome del materiale di cui è composto questo strato.
- Qui il fotone incidente può cedere la sua energia ad un elettrone, liberandolo dalla struttura atomica.
- Accostando il giusto strato finestra si crea un campo elettrico che accelera gli elettroni -> corrente elettrica



La kesterite

candidato ideale per il film sottile



La kesterite ($\text{Cu}_2(\text{Zn},\text{Fe})\text{SnS}_4$) è un minerale solfuro. Nella sua struttura reticolare, gli atomi di zinco e ferro condividono gli stessi siti reticolari.

Composto da:

- Elementi abbondanti in natura
- Non tossici
- Si può depositare in maniera semplice ed economica -> spin/spray coating

Formula chimica : $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$

Band Gap : $\sim 1.2 - 1.5 \text{ eV}$

Tipo di conduttività : tipo *p*

Struttura cristallina : Tetragonale

Coeff. di assorbimento : $> 10^4 \text{ cm}^{-1}$

Obiettivi di questo studio



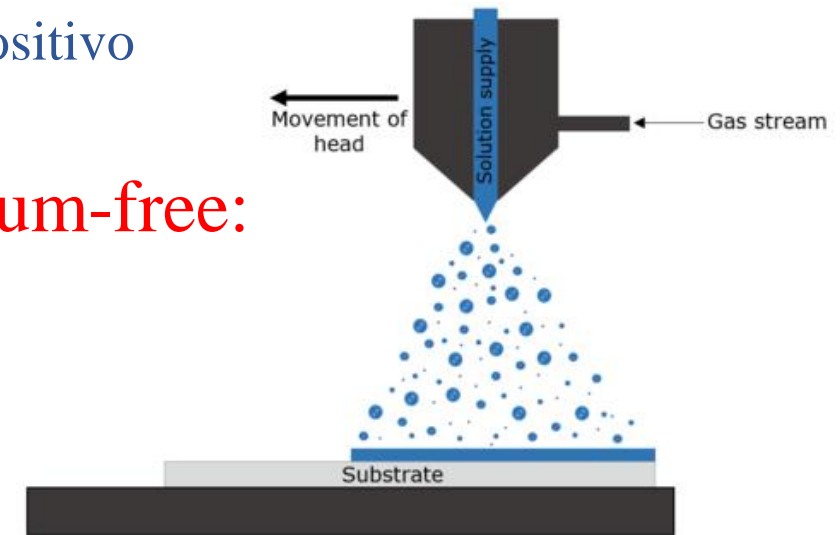
- **Formare un composto quaternario CZTSSe in un'unica fase**

Una piccola deviazione dalla stechiometria porta a fasi secondarie:

- Causando centri di ricombinazione delle cariche, intrappolano gli elettroni e riducono la corrente elettrica riducendo l'efficienza della cella
- Causando zone di alta conduzione che cortocircuitano il dispositivo

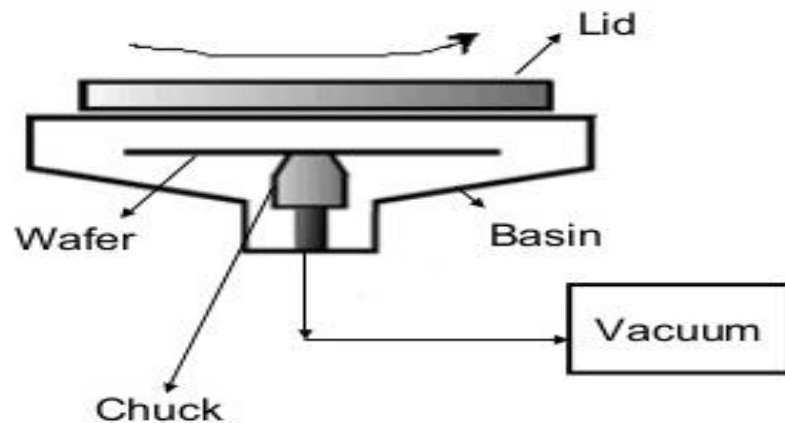
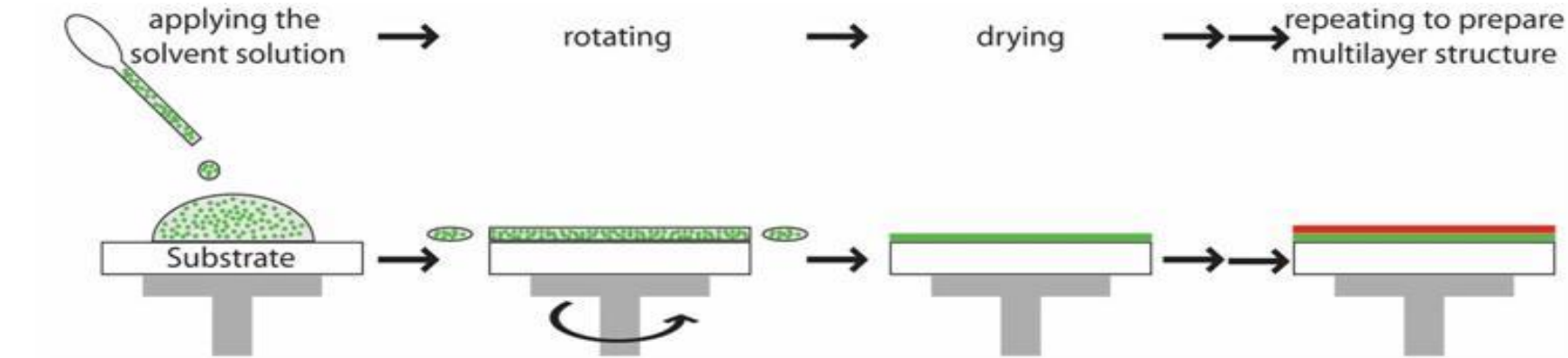
- **Depositare lo strato CZTSSe tramite tecniche vacuum-free: spray, spin coating**

Semplice ed economica a livello industriale



Spin coating: semplice ed economico

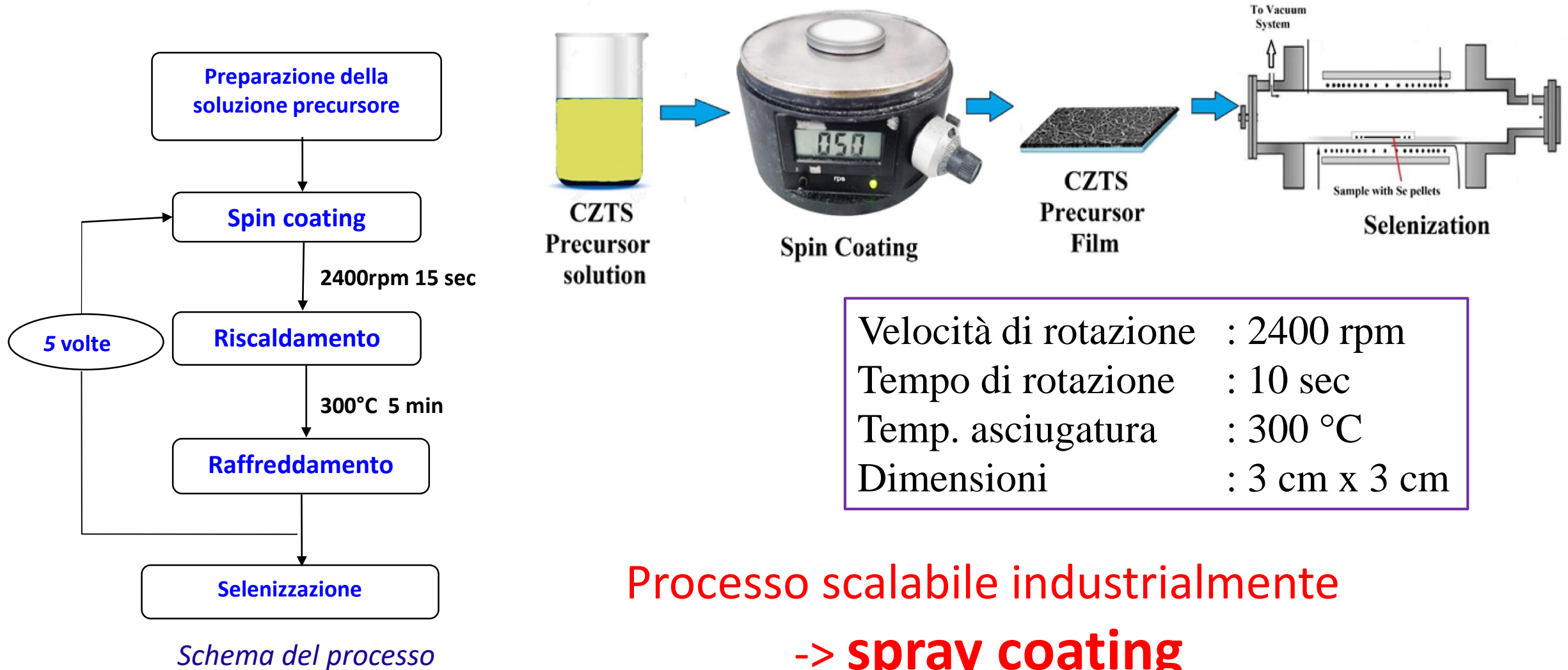
Una procedura utilizzata per depositare film sottili uniformi su substrati piani



Parametri:

- Concentrazione della soluzione
- Velocità di rotazione
- Tempo di rotazione
- Temperature di asciugatura
- Tempo di asciugatura

Processo di deposizione

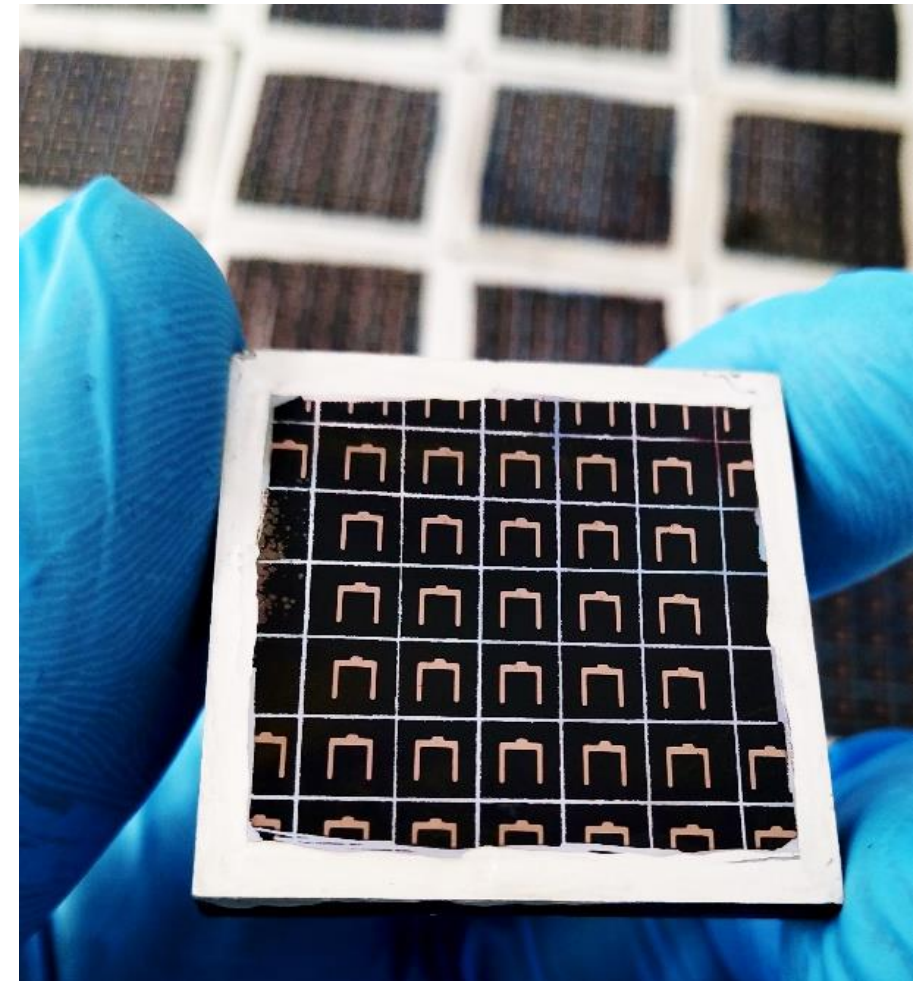
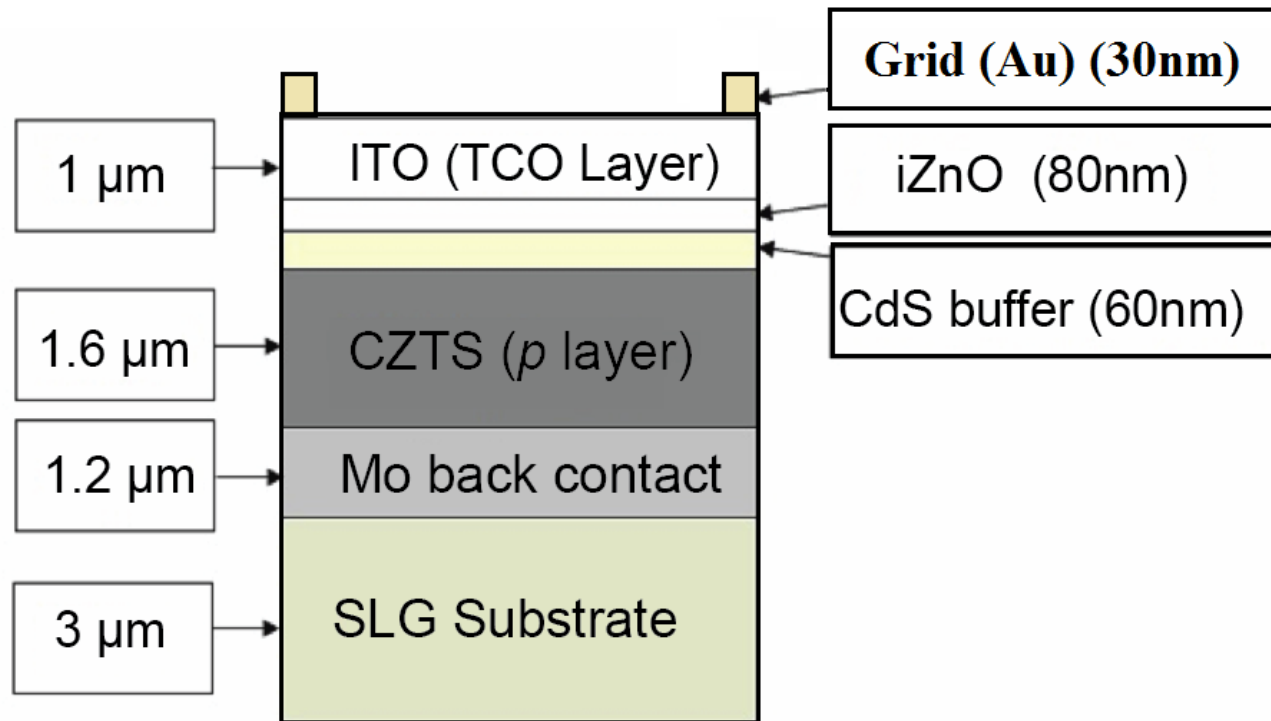


Fabbricazione del dispositivo

- ❖ Contatto posteriore: molibdeno → RF sputtering
- ❖ Assorbitore CZTS → Spin coating
- ❖ Strato finestra: CdS → Bagno chimico
- ❖ Contatto frontale: iZnO + ITO → RF sputtering
- ❖ Griglia metallica: oro → Evaporazione termica
- ❖ Invecchiamento accelerato → 80 °C + luce solare

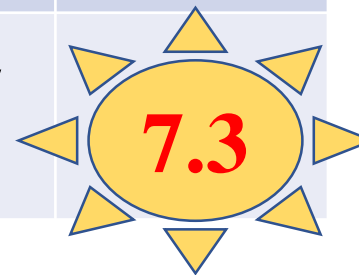


Struttura del dispositivo



Efficienza record dei nostri dispositivi

	V_{oc} (mV)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF (%)	η (%)
CZTSSe	344	33	57	6.5
CZTSSe invecchiato	367	36	55	7.3



Record italiano

Conclusioni

- ❖ Assorbitore CZTSSe ottimizzato in fase unica
- ❖ Fabbricazione e caratterizzazione celle fotovoltaiche
- ❖ Efficienza record 7.3 % -> record italiano
- ❖ I dispositivi fabbricati possono essere incorporati nei materiali da costruzione progettati da Manni Group, in linea con RIS 3 Veneto e Agenda 2030 Nazioni Unite



Ringraziamenti



UNIVERSITÀ
di **VERONA**



UNIONE EUROPEA
Fondo sociale europeo



REGIONE DEL VENETO



POR FSE 2014-2020
REGIONE del VENETO



Organismo
di Formazione
accreditato
dalla Regione
del Veneto



UNIVERSITÀ
di VERONA

Publicazioni relative a questa ricerca

- **Prabeesh Punathil**, Solidea Zanetti, Elisa Artegiani, Vikash Kumar and Alessandro Romeo, *Analysis of the drying process for precursors of $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$ layers by low cost non vacuum fabrication technique*, **Solar Energy**, Vol. 224 (2021), pag. 992-999, doi.org/10.1016/j.solener.2021.06.063.
- **Prabeesh Punathil**, Solidea Zanetti, Elisa Artegiani, Vikash Kumar and Alessandro Romeo, “*Annealing Temperature and Post Sulphurization/Seleniation Effects on Solution-Based CZTS Devices*”. 37th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, 2020, 691-694.
- **Presented a poster** “*Effect of Annealing Temperature and Post Sulphurization/Selenization on the Structural and Surface Morphological Properties of Solution Processed CZTS Thin Films*”, **Prabeesh Punathil**, Solidea Zanetti, Elisa Artegiani, Alessandro Romeo in the 37th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition [EU-PVSEC 2020 online] during 07 - 11 September 2020.
- **Presented a poster** “*Analysis of wet-based doping and passivation on solution based $\text{Cu}_2(\text{Zn},\text{Sn})(\text{S},\text{Se})_4$ thin films*”, **Prabeesh Punathil**, Solidea Zanetti, Elisa Artegiani, Alessandro Romeo for the Virtual Chalcogenide PV Conference 2020 organized by European Materials Research Society (E-MRS) during 31st May to 3rd June 2021.