

Composti inorganici per energia solare e altre energie rinnovabili

Tesi disponibili presso il gruppo di Chimica Fisica del centro MIB-SOLAR
e presso il Dipartimento di Scienza dei Materiali

Referente: Prof.ssa Binetti



[Home](#)

www.mibsolar.mater.unimib.it

 English

> Menu

- Home
- News&Events
- About us
- Team
- Research
- Education
- Industrial Partnership
- Facilities
- Jobs
- Tutorial
- Links
- Gallery
- Where we are
- Contact us
- Sitemap

> Archivio

December 2011

From Crystalline Silicon to Last Generation Hybrid Inorganic/Organic Thin Film Technologies.

Celle solari: situazione

- **c-Silicon solar cells**

Oggi, circa il 90% delle installazioni di moduli fotovoltaici sono basate sulla tecnologia del silicio cristallino (c-Si).

0,3 \$ / Wp → Maggiore efficienza, costi inferiori

- **Inorganic thin-film technologies**

➤ $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})(\text{S},\text{Se})_2$ (**CIGS**): elevata efficienza 22,3 %

➤ Nuovi materiali: Cu_2XYZ_4

(X = Zn, Fe, Mn; Y = Sn, Ge; Z = S e/o Se)

Celle solari a film sottile basate su elementi abbondanti in natura

- **Perovskite solar cells**

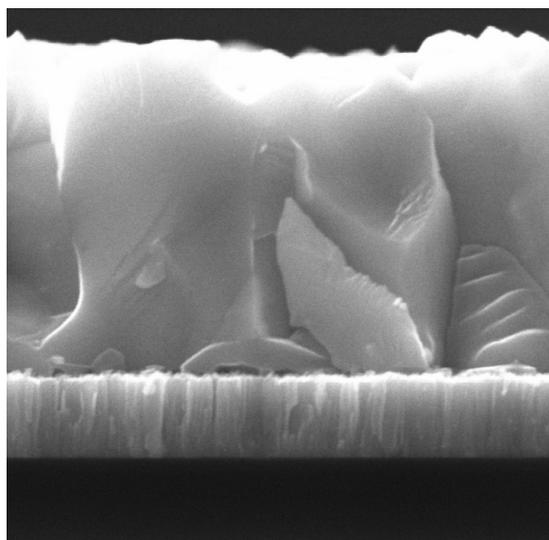
Elevata efficienza e bassi costi; tecnologia solare in più rapida evoluzione: 25,7% in singola giunzione e 29,8% in tandem con celle solari al silicio

➤ $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$; $[\text{HC}(\text{NH}_2)_2]_x\text{Cs}_{1-x}\text{Pb}(\text{I}_y\text{Br}_{1-y})_3$;

➤ $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$; $\text{CsSnI}_{3-x}\text{Br}_x$

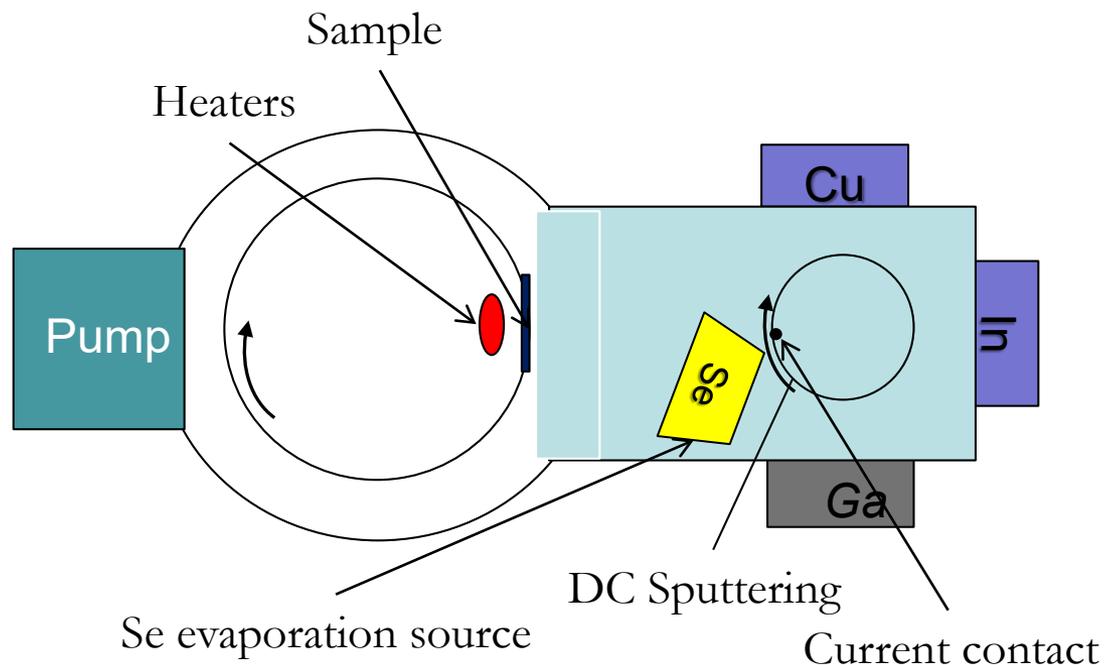


CIGS @ MIB-SOLAR: processo di crescita ibrido sputtering / evaporazione



SEM MAG: 60.00 kx
HV: 20.0 kV
VAC: HiVac
DET: SE Detector
DATE: 02/27/12
Device: TS5136XM
2 um
Vega ©Tescan
Digital Microscopy Imaging

Camera di deposizione del CIGS



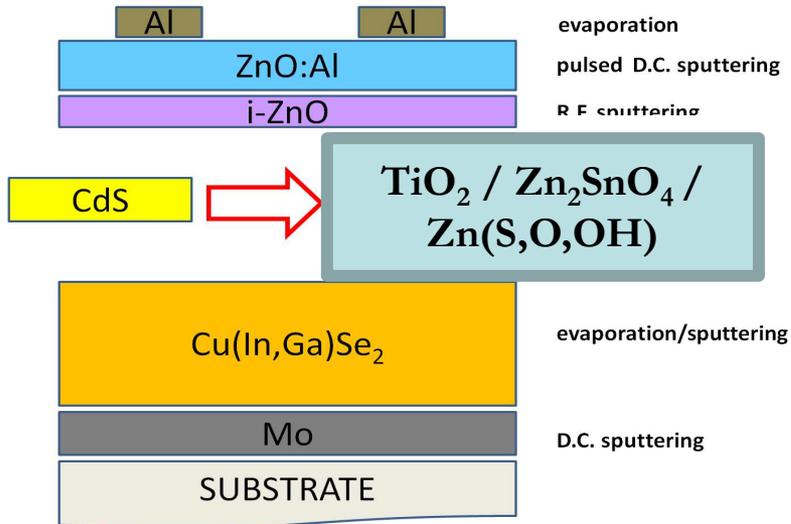
SUBSTRATI:

14 x 11 cm² vetro soda lime

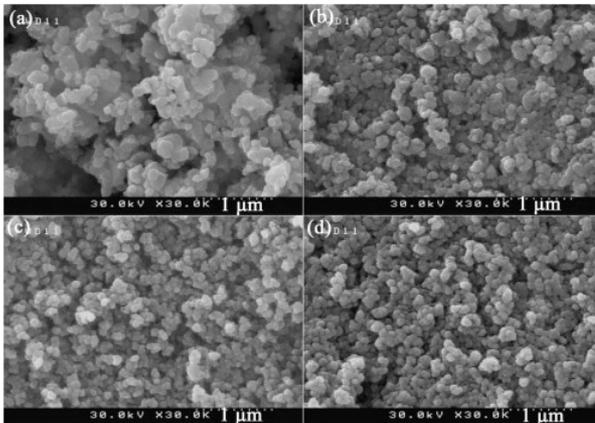
120 x 14 cm² lamina di acciaio inossidabile

120 x 14 cm² foglio di polimide

Tesi: ricerca e studio di materiali alternativi (Cd-free) per la realizzazione della giunzione p-n



- Sintesi: strato di TiO₂ oppure di ZTO depositati per *atomic layer deposition*; strato di Zn(S,O,OH) cresciuto tramite deposizione chimica da soluzione
- Caratterizzazione:
 - SEM/EDS (morfologia, composizione)
 - spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
 - diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
 - conduttività elettrica
- Celle solari: caratterizzazione elettrica

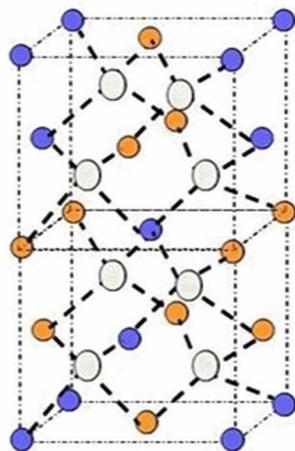


Dal CIGS al CZTS ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$)

Il CIGS ha raggiunto efficienze di conversione molto elevate, ma la sua produzione è limitata dalla scarsità dell' In e dal suo elevato prezzo sul mercato.

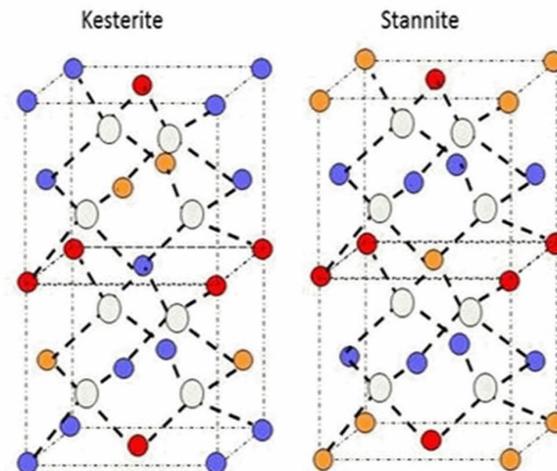
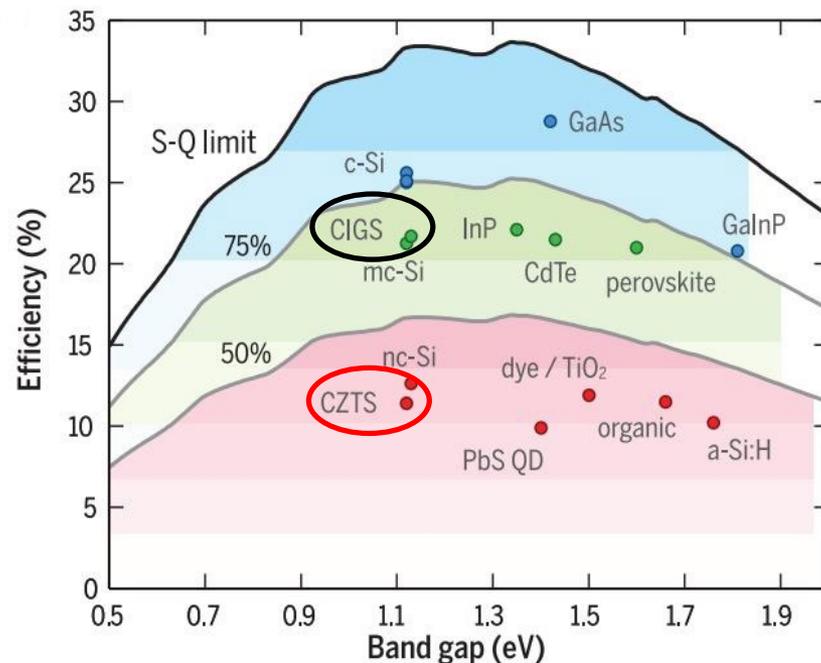
Sostituendo In con Zn e Sn, si ottiene la Kesterite, che è un minerale con una formula chimica $\text{Cu}_2(\text{Zn,Fe})\text{SnS}_4$, dove gli atomi di zinco e ferro condividono gli stessi siti nel reticolo.

La **kesterite** è la varietà ricca di Zn mentre la forma povera di Zn è chiamata **stannite**.



Chalcopyrite structure

- S or Se
- In or Ga
- Cu



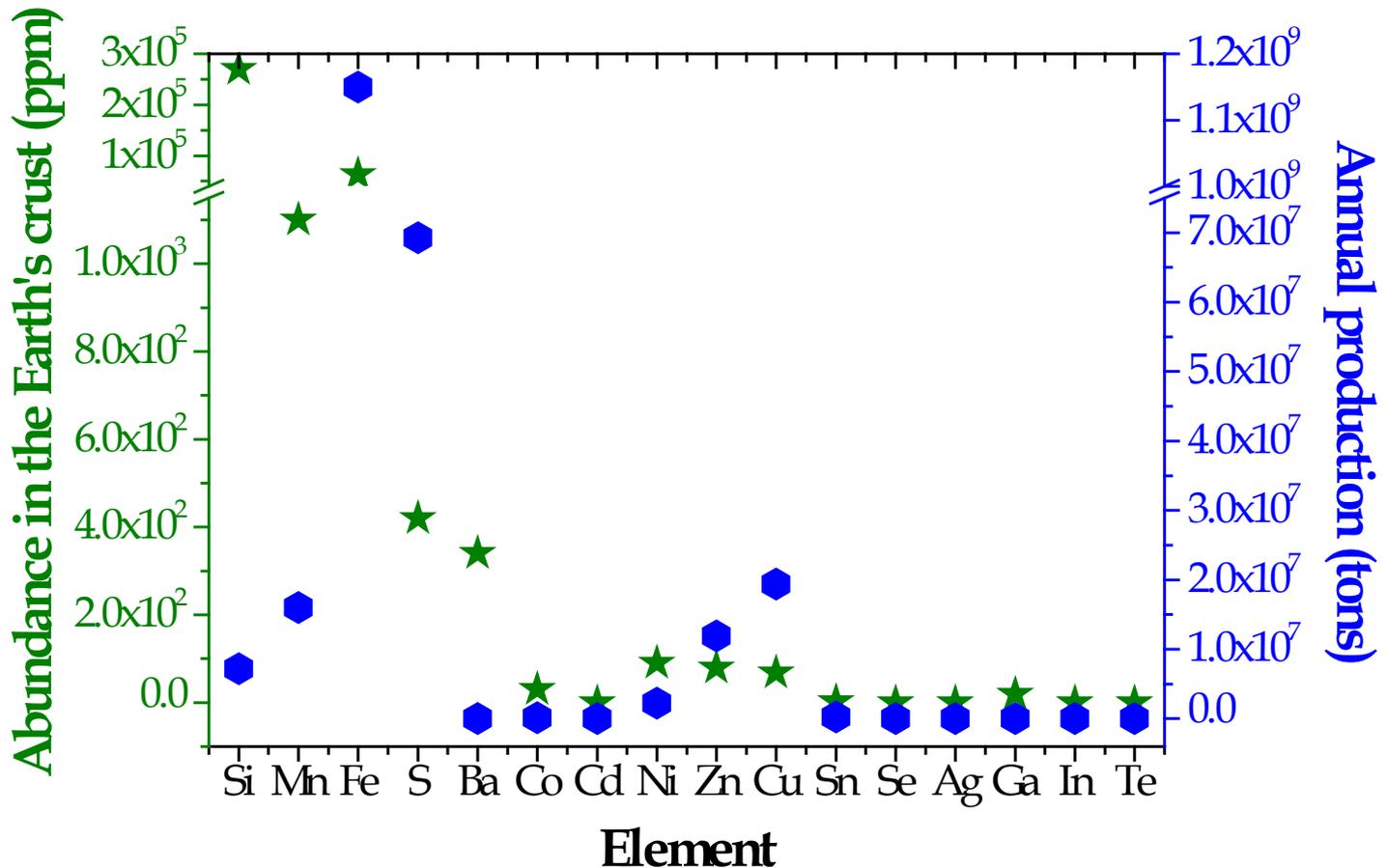
- S and Se
- Cu
- Zn
- Sn

Alternative al CZTS



con M(II) = Mn, Fe, Ni

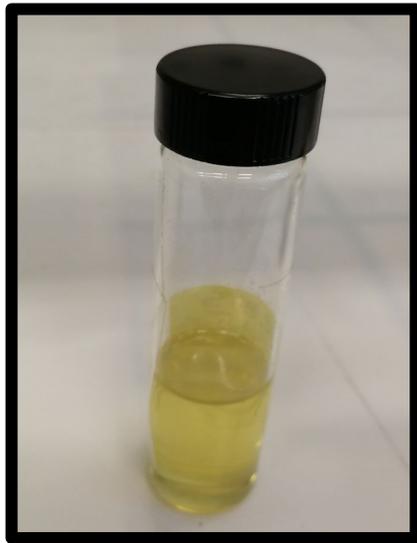
e M(IV) = Sn, Si, Ge



Sintesi di film sottili di CZTS tramite metodo Sol-gel

CZTS Ink

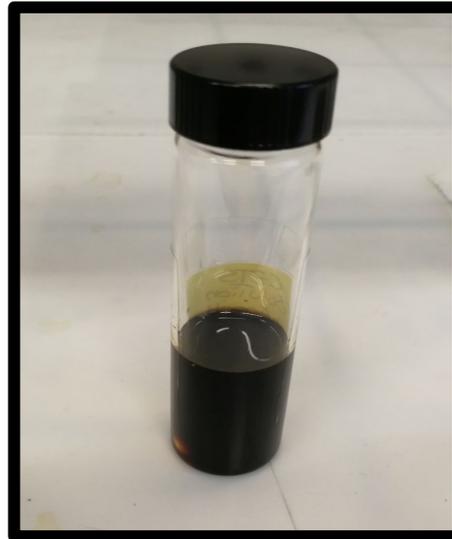
$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$
in DMSO



Stampa a getto
d'inchiostro

AcacH Ink

CZTS
+ Acetylacetonone



Spin Coating o
Dip Coating

CZTS Gel

$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{SnCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$
in DMSO



Blade coating

Tesi: analisi delle proprietà di film sottili di CZT(S,Se) ottenuti con diversi metodi di deposizione

In collaborazione con il **CNR Faenza**
(Prof.ssa Alessandra Sanson)



➤ Sintesi: i precursori di Cu, Zn, Sn e S (acetati, cloruri e tiourea) sono sciolti in DMSO; l'inchiostro sarà stampato e il gel spalmato su vetro ricoperto da Mo; il Se può essere aggiunto con successiva selenizzazione

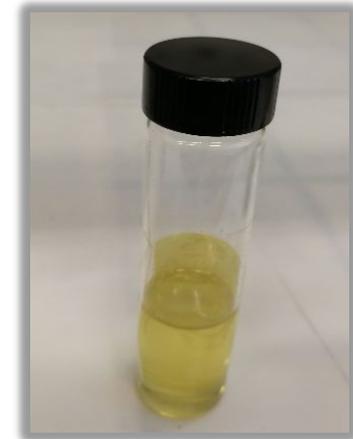
➤ Caratterizzazione:

- SEM/EDS (morfologia, composizione)
- spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
- diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
- Spettroscopia UV-Vis (identificazione intervallo di assorbimento)

➤ Celle solari: caratterizzazione elettrica

Tesi: sintesi di film sottili di CZT(S,Se) su substrati flessibili

- Sintesi: i precursori di Cu, Zn, Sn e S (acetati, cloruri e tiourea) sono sciolti in DMSO; l'inchiostro sarà stampato su strati flessibili (acciaio e poliammide); il Se può essere aggiunto con successiva selenizzazione
- Caratterizzazione:
 - SEM/EDS (morfologia, composizione)
 - spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
 - diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
 - Spettroscopia UV-Vis (identificazione intervallo di assorbimento)
- Celle solari: caratterizzazione elettrica



Tesi: sintesi di inchiostri a nanoparticelle di Cu_2XYS_4 (X = Zn, Fe, Mn; Y = Sn, Ge) per celle solari

- Sintesi: le nanoparticelle sono preparate utilizzando metodi di iniezione a caldo. Due soluzioni a base di acetati metallici e zolfo elementare sono state preparate in palloni a fondo tondo a due e tre colli in oleylammina. Gli inchiostri sono realizzati con in mix di solventi a cui è aggiunta l'etilcellulosa.
- Caratterizzazione:
 - SEM/EDX/TEM (morfologia, composizione)
 - spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
 - diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
 - Spettroscopia UV-Vis (identificazione intervallo di assorbimento degli strati depositati per *spin coating*)



Tesi: sintesi tramite metodo solvotermico di nanoparticelle di $\text{Cu}_2\text{MnSnS}_4$ e $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$

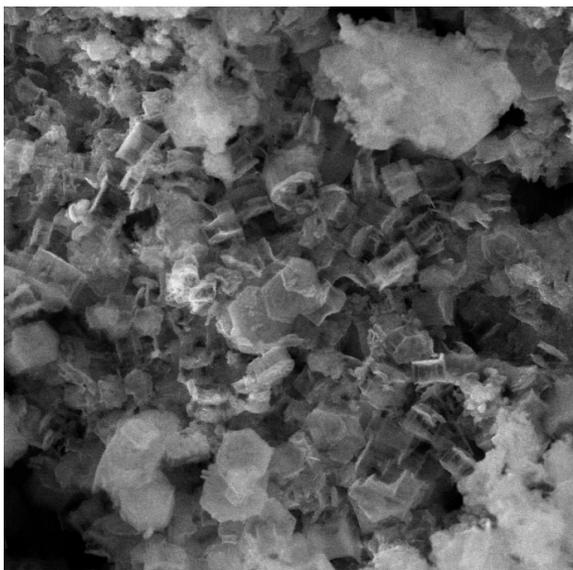


➤ Sintesi: i precursori di Cu, Sn, Mn o Fe e S (acetati, cloruri e tiourea) in glicole etilenico sono sigillati in autoclave e mantenuti a circa 200 °C per 10-15 h.

➤ Caratterizzazione:

- SEM/EDS (morfologia, dimensione particelle, composizione)
- spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
- diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)

➤ Test per determinare l'efficacia delle NP come fotocatalizzatori per il trattamento delle acque reflue (studio del tasso di degradazione del blu di metilene sotto irraggiamento con luce visibile in presenza delle NP).

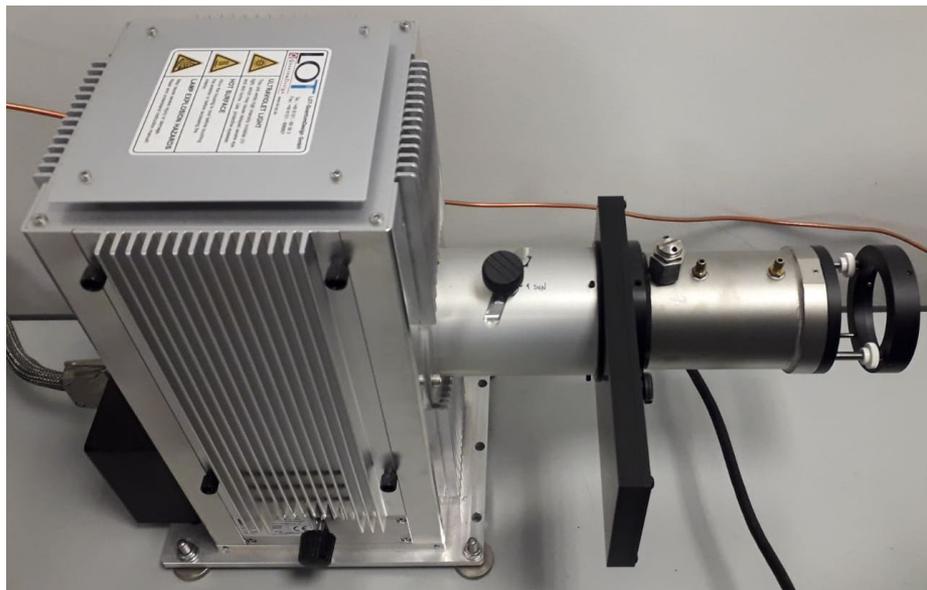


SEM MAG: 10.00 kx DET: SE Detector
HV: 20.0 kV DATE: 09/21/17
VAC: HiVac Device: TS5136XM
10 um Vega ©Tescan
Digital Microscopy Imaging

Tesi: degradazione fotocatalitica di microinquinanti farmaceutici tramite nanoparticelle di kesterite

In collaborazione con il **Prof. Gosetti** (Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra)

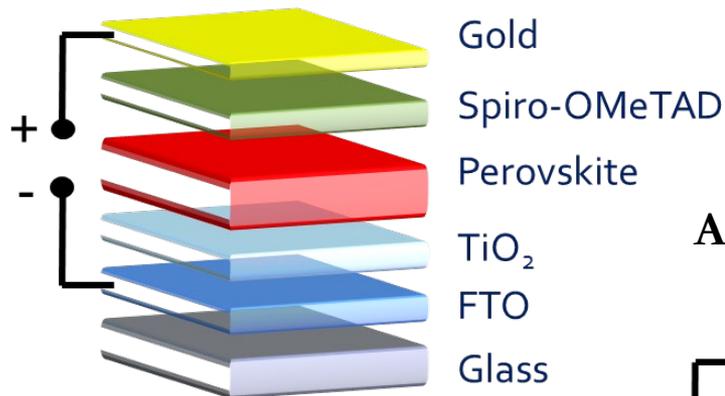
- Analisi UV-Vis della cinetica di degradazione
- Analisi in HPLC/MS per determinare gli eventuali prodotti di degradazione



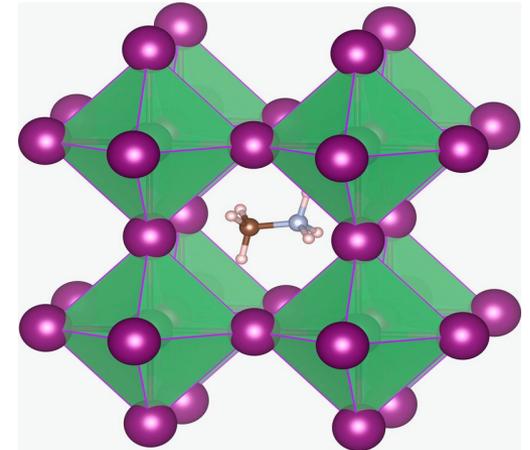
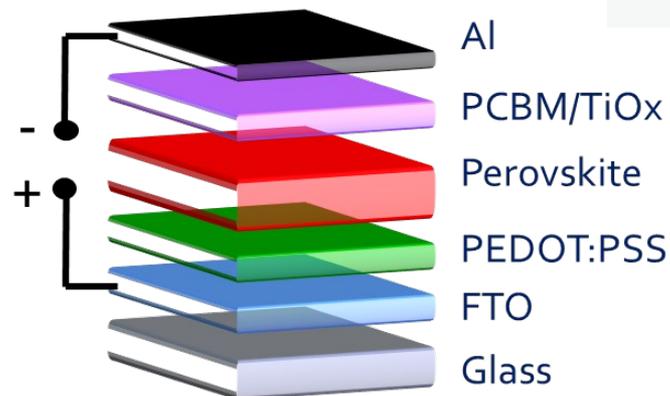
Celle solari a base di perovskite

L'efficienza dei dispositivi su scala di laboratorio che utilizzano questi materiali è aumentata dal 3,8% nel 2009 al 25,7% nel 2021 nelle architetture a giunzione singola e, nelle celle tandem a base di silicio, al 29,8% superando la massima efficienza raggiunta nelle celle solari al silicio a singola giunzione.

Architettura convenzionale



Architettura planare invertita



Tesi: sintesi di film sottili di $\text{CsSn}(\text{I}_{3-x}\text{Br}_x)$ per celle solari

- Sintesi: i precursori sono sciolti in mix di solventi con l'aggiunta di additivi per stabilizzare la fase cubica ed evitare l'ossidazione dello stagno.
- Caratterizzazione:
 - SEM/EDS (morfologia, composizione)
 - spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
 - diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
 - Spettroscopia UV-Vis (identificazione intervallo di assorbimento)
- Celle solari: caratterizzazione elettrica



Tesi: deposizione di film sottili di CZTS per celle solari a base di perovskite

- Sintesi: la composizione dell'inchiostro è variata per ottenere degli strati sottili e compatti da impiegare come estrattori di carica in celle solari a base di perovskite.
- Caratterizzazione:
 - SEM/EDS (morfologia, composizione)
 - spettroscopia Raman (identificazione delle fasi ottenute)
 - diffrazione di raggi X (identificazione delle fasi ottenute)
 - Spettroscopia UV-Vis (identificazione intervallo di assorbimento)
- Celle solari: caratterizzazione elettrica

