

Studio ed analisi elettriche e morfologiche per lo sviluppo di un sistema di laser scribing per celle solari a film sottili.

Laser Scribing per celle solari a film sottili

Uno degli aspetti più importanti nel passare dalla singola cella fotovoltaica al modulo integrato nei sistemi fotovoltaici a film sottile è quello di ottenere una interconnessione riproducibile e sicura. Queste interconnessioni devono avere una bassa resistenza serie e un'alta resistenza parallelo e devono avere un'area non attiva la più piccola possibile tra le celle. E' noto che lo scribing meccanico è difficoltoso in materiali particolarmente duri e tipicamente richiede una larghezza di scribe superiore.

Alcuni problemi potrebbero sorgere anche per via della parte riscaldata della zona attigua allo scribe ed inoltre residui di parti rimaste sul fondo del taglio possono portare a zone di alta conducibilità che introducono corti elettrici, isolamento scadente delle celle solari e bassa resistenza di shunt.

I sistemi di scribing disponibili in commercio sono stati ottimizzati tipicamente per altre applicazioni ed altri materiali come silicio cristallino o silicio amorfo. Il funzionamento ottimale per i film sottili è stato studiato da parecchi fornitori ma c'è stata una discussione ancora limitata sui problemi e sui parametri ottimali.

Il laboratorio, avendo riacquisito la piena funzionalità, nell'immediato futuro verrà utilizzato per fare qualsiasi prova che le ditte contattate per costruire l'impianto industriale, chiederanno di eseguire, per poter arrivare ad una proposta tecnologica il più possibile vicina ad una soluzione ottimale.

Si intende seguire, attraverso l'analisi dei campioni processati, la realizzazione di un processo per laser scribing in linea in collaborazione con un'azienda specializzata nel settore (che potrà essere selezionata anche all'interno del progetto di ricerca) finalizzato alla realizzazione di moduli fotovoltaici, in particolare andranno studiati ed ottimizzati i seguenti processi attraverso analisi morfologiche ed elettriche:

- Laser scribing di TCO (transparent conductive oxide) (primo laser scribing su contatto frontale trasparente)
- Laser scribing del materiale attivo (secondo laser scribing, il TCO non deve subire scribing)
- Laser scribing della cella finita (ultimo laser scribing comprensivo di TCO)

Bisognerà definire il tipo di lunghezze d'onda ed intensità del laser (possibilmente Nd:YAG).

Prima fase

In una prima fase verranno realizzate dei provini di ITO; ITO/CdS/CdTe, ITO/CdS/CdTe/back-contact presso l'università di Parma per poter testare diverse lunghezze d'onda e diverse intensità di fascio laser.

Verranno così definite le migliori soluzioni di laser per ogni tipo di strato, le intensità ottimali in modo da avere uno scribing perfetto dello strato senza danneggiamento degli strati inferiori.

Per il contatto frontale (ITO) si considera una lunghezza d'onda di 1064 nm (laser Nd:YAG pulsato) (2). Malgrado si consideri una lunghezza d'onda ideale di 532 nm (laser di luce verde) per lo scribing CdTe (2) è stato studiato che una lunghezza d'onda ottimale per lo scribing del CdTe è

quella relativa a laser a vicino-infrarosso (IR) poichè l'assorbimento aumenta notevolmente con la temperatura per le lunghezze d'onda del vicino infrarosso (3).

Insieme alla lunghezza d'onda andranno definite le frequenze dei pulse e la possibilità di attenuatori di intensità se necessario.

Dovranno essere definite le geometrie di scribing in particolare si considererà la possibilità di eseguire lo scribing lungo la dimensione più corta (60cm) e si dovranno sperimentare lo scribing sia attraverso il vetro sia dalla parte posteriore (studi della First Solar hanno rilevato che lo scribing di ITO attraverso il vetro è più efficiente perché non risente dei possibili fumi che si vanno a produrre sulla superficie e permette quindi velocità molto più elevate (3)).

Seconda fase

Una volta definite le tipologie dei laser e le geometrie ideali del sistema, si realizzeranno gli impianti di scribing definitivi. **In questa fase sarà molto importante testare l'isolamento dalla vibrazione e la dipendenza della performance (nel nostro caso : larghezza della linea) dalla velocità di spazzata del laser, andando quindi ad ottimizzare la velocità con la precisione dello scribing.**

Metodologie per l'analisi dello scribing:

- Analisi al microscopio ottico.
- Analisi al microscopio elettronico.
- Corrente di leakage dello strato conduttivo.
- Profilometro.

1- Ottimizzazione di un laser scribing per TCO

I requisiti fondamentali sono:

- Precisione, la linea di scribing deve essere compresa all'interno di una specifica larghezza (si veda figura 2) e non deve presentare interruzioni.
- Velocità (secondo Exitech è sufficiente una velocità di 500 mm/sec (1) per First Solar la velocità minima considerata è di 2000 mm/sec fino ad arrivare a velocità di 3400 mm/sec). La velocità è strettamente dipendente dalla opportunità o meno di poter splittare il laser in due in modo di fare due scribing con una passata sola in modo da raddoppiarne la velocità di scribing.
- Integrazione del laser scribing sulla linea di produzione

Azioni Università di Verona:

Analisi al microscopio (ottico ed eventualmente SEM) delle linee di scribing.

Analisi di conduttività del TCO e di degradazione delle proprietà elettriche/ottiche.

2-Ottimizzazione di un laser scribing x CdS/CdTe (no scribing TCO)

Requisiti fondamentali

- Precisione

- Velocità (dipendenza delle proprietà della velocità dello scribe)

Azioni Università di Verona:

Analisi di pulizia dello scribe

Analisi di degradamento del TCO sottostante con misure di conduttività

Analisi della larghezza dello scribe

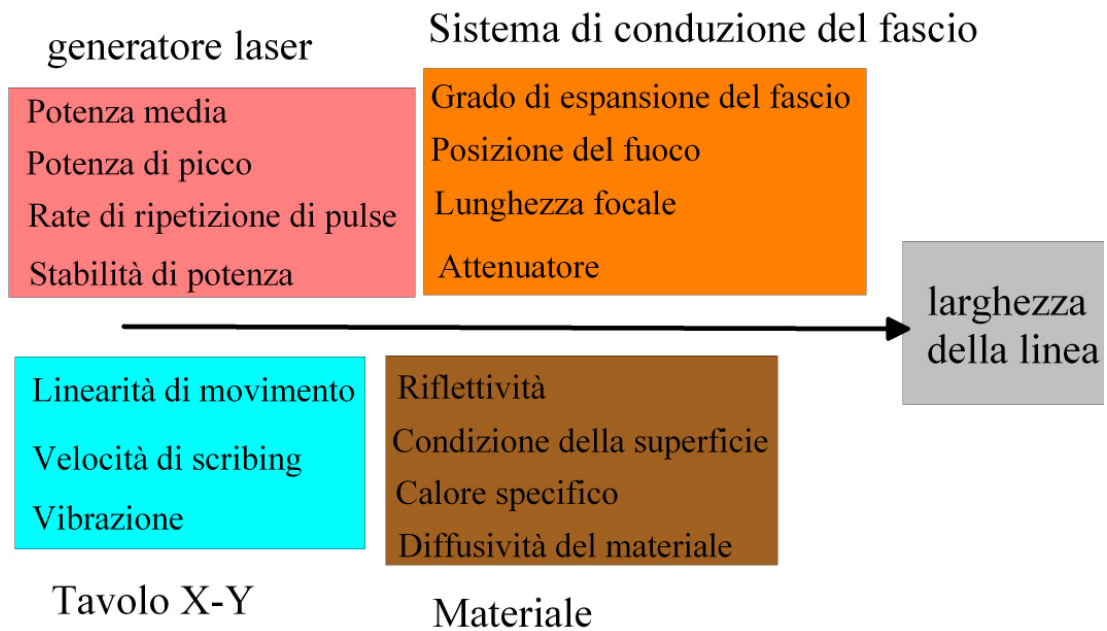


Figura 1: Sistema di causa-effetto per laser scribing

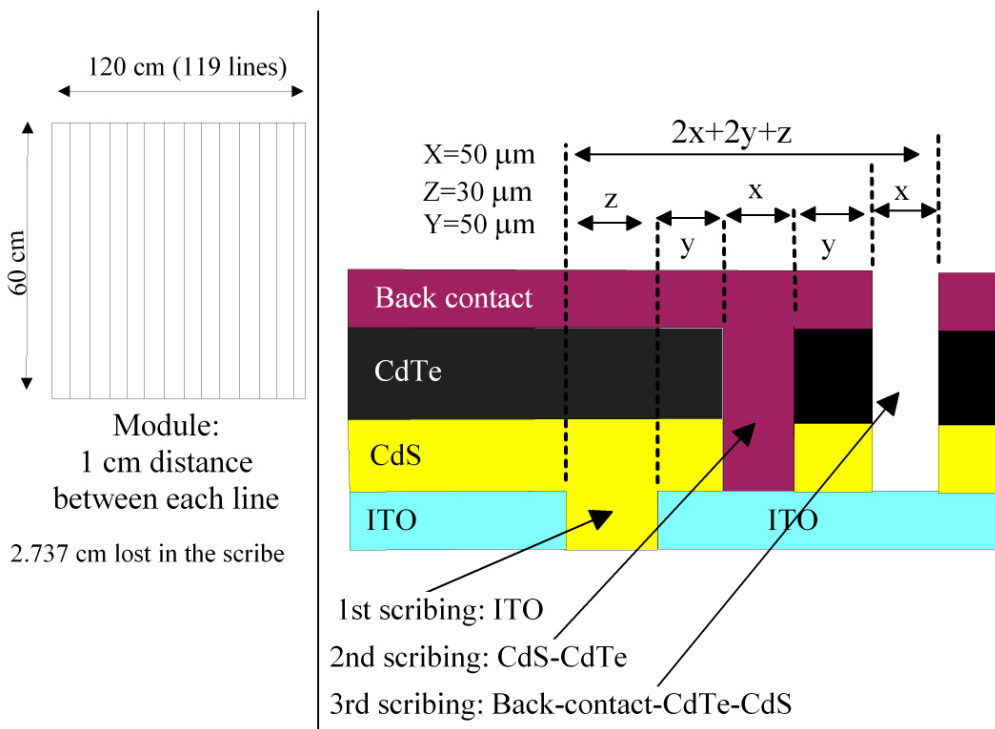


Figura 2: Schema di scribing comprensivo di larghezza dello scribe e numero di tagli.

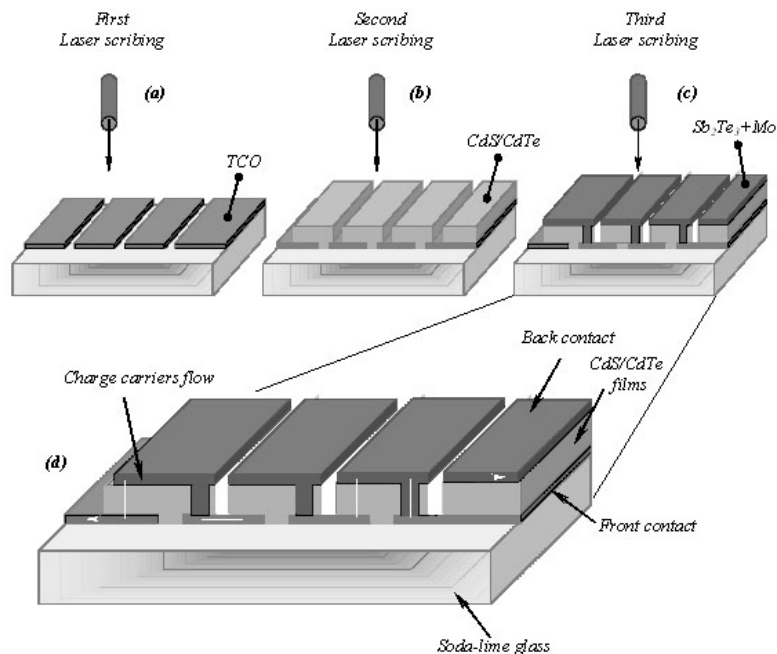


Figura 3: Struttura del laser scribing per celle a film sottile.

Riferimenti:

1. Exitech Ltd: Bozza di descrizione tecnica e quotazione budgetaria.
2. US Laser Corporation: Bozza di descrizione tecnica e quotazione budgetaria.
3. S. Henson et al. "Specific PVMaT R&D in CdTe Product Manufacturing", NCPV and Solar Program Review Meeting 2003.

Tabella dei costi

COSTI	Totale Costo Progetto (in euro)
Spese generali	5.000
Materiale di consumo	3.000
Totale al netto di iva.	8.000
Totale ivato	9.600

Lista dettagliata del materiale

Un sistema di micromanipolatori per muovere e puntare i puntali conduttori per le misure di conducibilità (si allegano offerte) e puntali per contatti attorno ai 3000 euro.

Spese generali università

Tra cui trattenute di università e dipartimento, spese per personale coinvolto nel progetto, spese per uso di apparecchiature (microscopi ottici ed elettronici, profilometri, ecc..) all'interno ed all'esterno dell'università. Costo stimato 5 K€

Il Responsabile

Alessandro Romeo