

Sistema di caratterizzazione di celle solari SoCRATes MANUALE D'USO

Rel. 03.00.0002
(Codice prodotto: SoCRATes)

1





Le informazioni contenute nel presente documento sono proprietà di IPSES S.r.l. e devono essere considerate e trattate come confidenziali.

La presente pubblicazione può essere riprodotta, trasmessa, trascritta o tradotta in qualsiasi linguaggio umano o elettronico solamente dopo avere ottenuto l'autorizzazione scritta di IPSES S.r.l..

Le informazioni contenute nel presente documento sono state accuratamente verificate e sono considerate valide alla data di pubblicazione del presente documento.

Le informazioni contenute nel presente documento possono subire variazioni senza preavviso e non rappresentano un impegno da parte di IPSES. Il progetto di questa apparecchiatura subisce continui sviluppi e miglioramenti. Di conseguenza, l'apparecchiatura associata al presente documento potrebbe contenere piccole differenze di dettaglio rispetto alle informazioni fornite nel presente manuale.

Stampato in Italia

Copyright © 2009-2016 IPSES S.r.l.

Tutti i diritti riservati.





GARANZIA

Salvo non sia diversamente stabilito, IPSES garantisce che i Prodotti contraddistinti dal suo marchio, acquistati direttamente dalla IPSES o da un suo rivenditore autorizzato, saranno esenti da difetti per 12 mesi dalla consegna. Nel caso di difetti del prodotto entro il periodo indicato, IPSES, a sua scelta, riparerà o sostituirà il prodotto a proprie spese¹ in tempi ragionevoli. Sarà adottato ogni ragionevole sforzo, al fine di risolvere il problema in termini realistici, a seconda delle circostanze. IPSES interviene e ripara usando componenti nuovi o componenti equivalenti a nuovi, in conformità agli standard e alla pratica industriale.

Esclusione dalla garanzia:

IPSES non rilascia alcuna garanzia per: danni causati per installazione, uso, modifiche o riparazioni improprie effettuate da terzi non autorizzati o dall'utente finale; danni causati da qualsiasi soggetto (diverso da IPSES) o da fattori esterni; inadeguatezza a particolari scopi; danni accidentali.

Reclami:

Ogni reclamo, entro i termini di garanzia, dovrà essere inviato contattando gli uffici IPSES al seguente indirizzo:

IPSES S.r.l. - Via Suor Lazzarotto, 10 - 20020 Cesate (MI) Italia

Tel. (+39) 02 39449519 - (+39) 02 320629547

Fax (+39) 02 700403170

<http://www.ipses.com> – e-mail: support@ipses.com

Limitazioni:

IPSES non fornisce nessun altro tipo di garanzia rispetto a quanto non sia esplicitamente qui scritto. Le garanzie prestate da IPSES sostituiscono ogni altra garanzia implicita e tali garanzie implicite sono escluse, nei limiti di quanto consentito.

¹ Franco spese di spedizione alla IPSES e spese di consegna





ATTENZIONE!

LE APPARECCHIATURE ELETTRICHE POSSONO COSTITUIRE CAUSA DI PERICOLO PER COSE O PERSONE

Questo manuale illustra le caratteristiche tecniche dell' .

Leggere attentamente prima di procedere all'installazione.

È responsabilità dell'installatore assicurarsi che l'installazione risponda alle normative di sicurezza previste dalla legge.

Per qualsiasi informazione non contenuta nel presente manuale rivolgersi a:

IPSES S.r.l. - Via Suor Lazzarotto, 10 - 20020 Cesate (MI) Italia

Tel. (+39) 02 39449519 - (+39) 02 320629547

Fax (+39) 02 700403170

<http://www.ipses.com> – e-mail: support@ipses.com





INDICE

MANUALE D'USO	1
INDICE.....	5
REVISIONI	6
Revisioni manuale	6
COSTITUZIONE DEL SISTEMA.....	7
Caratteristiche generali del sistema.....	7
Caratteristiche elettriche	9
Sistema meccanico.....	11
Porta <i>wafer</i>	14
Allineamento del <i>wafer</i>	17
Telecamera per l'acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza.....	21
Blocco di sicurezza del sistema	25
<i>Software</i>	26
Unità di controllo	44
Conessioni	46
Caratteristiche tecniche	48
CONTATTI	49
INFORMAZIONI PER IL SUPPORTO TECNICO	50
RAPPORTO PROBLEMATICHE	50
ENGINEERING PROBLEM REPORT.....	51





REVISIONI

Revisioni manuale

Revisione/ Data	Descrizione modifica	Autore
00.00.0000 Dicembre 2012	Bozza	Gianluca Pizzocolo
01.00.0000 Aprile 2013	Prima stesura	Mauro Bottaccioli
02.00.0000 Maggio 2013	Prima revisione	Mauro Bottaccioli
03.00.0000 Giugno 2014	Seconda revisione aggiornata con rilascio nuovo software	Cinzia Mancuso
03.00.0001 Giugno 2015	Aggiornamento layout documento	Bottaccioli M.
03.00.0002 Agosto 2016	Aggiunta logo certificazione ISO 9001:20015	Bottaccioli M.





SoCRATes è un sistema di acquisizione dati e movimentazione per la misurazione della caratteristica tensione-corrente delle celle solari. Il sistema è stato progettato per essere impiegato con un simulatore solare a luce continua.

COSTITUZIONE DEL SISTEMA

Il sistema di caratterizzazione di celle solari SoCRATes è composto da quattro parti:

1. carico attivo per la generazione e la misurazione delle grandezze elettriche sulla cella solare da testare;
2. sistema meccanico di contattazione e movimentazione delle celle solari presenti sul *wafer*;
3. elettronica di azionamento motori;
4. *software* di gestione del sistema e acquisizione dati funzionante in ambiente operativo Windows.

Caratteristiche generali del sistema

SoCRATes è composto da:

- un sistema elettronico di carico attivo in grado di generare i segnali necessari a eccitare elettricamente la cella solare e di acquisire la curva caratteristica corrente-tensione (I-V) della cella sottoposta al test. Tale sistema consente la generazione e l'acquisizione fino a 1.000 punti di misura;
 - una telecamera Visibile-NIR per inquadrare la cella da testare cosicché l'operatore possa valutarne l'elettroluminescenza in due *range* di emissione con lunghezza d'onda rispettivamente da 600 a 700 nm e da 800 a 1000 nm;
 - un porta *wafer* termostato per l'alloggiamento del *wafer* contenente le celle solari, munito di fori di aspirazione per il mantenimento della posizione del *wafer* stesso;
 - un sistema di movimentazione X-Y-Z per effettuare la contattazione automatica dei *pad* di ogni cella presente sul *wafer* con gli appositi aghi;
 - un sistema formato da 5 aghi per l'applicazione del carico attivo sulla cella e l'acquisizione dei dati relativi. Nella Figura 1 è indicata la posizione dei 5 aghi con i relativi segnali:
 - *force1*
 - *force2*
 - *sense1*
 - *sense2*
 - diodo presente su cella a tripla giunzione
- Sulla struttura dello strumento è presente un alloggiamento per l'implementazione di un eventuale sesto ago per applicazioni future;
- un *software* in grado di comunicare e gestire il sistema, svolgendo sia le funzioni di interfaccia operatore sia di archiviazione dati e misure.





Posizione per supporto
opzionale

Test Diodo

Force 1

Sense 2

Sense 1

Force 2

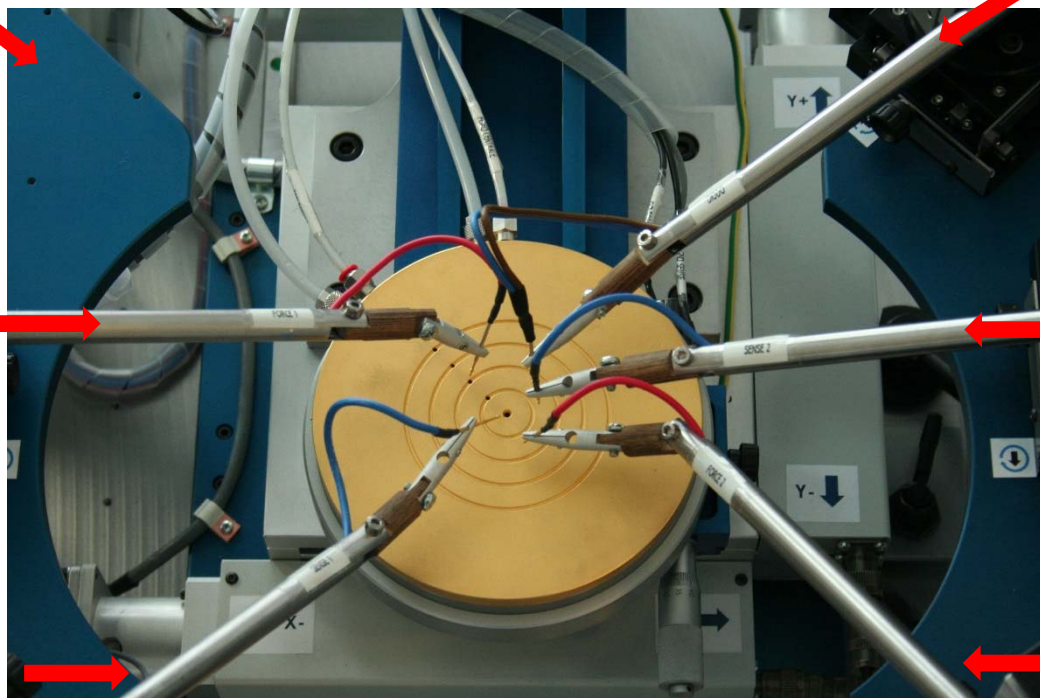


Figura 1 – Aghi di test





Caratteristiche elettriche

Il sistema elettronico di acquisizione e di carico permette la rilevazione e la digitalizzazione dei seguenti segnali analogici:

- tensione ai capi del dispositivo in misura tra gli aghi *sense1+sense2* e il substrato;
- corrente che attraversa il dispositivo in misura tra gli aghi *force1+force2* e il substrato;
- tensione ai capi del diodo presente sulla cella a tripla giunzione tra l'ago diodo e il substrato;
- corrente che attraversa il diodo presente sulla cella a tripla giunzione tra l'ago diodo e il substrato;
- temperatura del dispositivo in misura, letta da un sensore posizionato all'interno del porta *wafer* termostato.

La conversione analogico/digitale è realizzata mediante un convertitore a 16 *bit*.

La risoluzione temporale di acquisizione assicura sino a un massimo di 1.000 punti di misura per la caratterizzazione di una normale cella solare perfettamente funzionante e con un *fill factor* superiore a 0.83.

Prima che il test venga avviato, l'operatore definisce lo *step* di incremento di tensione oppure di corrente e la durata di ogni *step*. Questo procedimento consente di giungere a impostare tempi complessivi di misura che possono raggiungere pochi secondi.

Il carico elettronico *embedded* è controllato da un convertitore digitale/analogico a 16 *bit* che pilota due diversi *driver* dello stadio finale di potenza. Lo stadio da utilizzare è programmabile tramite *software* e può essere impostato prima dell'inizio della misura in funzione del parametro di *range* di corrente inviato dal *computer*.

La corrente massima che il carico è in grado di gestire è di 15A di picco, mentre la tensione massima è di 10V. Per garantire la massima precisione il sistema è dotato di due diversi stadi di carico elettronico automaticamente selezionati dal *software*. Il primo stadio gestisce la corrente da 0 mA a 100 mA (sia entrante che uscente), mentre il secondo da 100 mA a 15 A (sia entrante che uscente).

Il carico elettronico lavora su tutti e quattro i quadranti cartesiani della caratteristica I-V: è quindi in grado di forzare la corrente sia diretta (ad esempio per le prove di elettroluminescenza sulle celle solari sia a substrato P, sia a substrato N), sia inversa, oppure la tensione di test sia positiva, sia negativa (ad esempio per le prove di *screening* con corrente inversa applicata sulle celle solari sia a substrato P, sia a substrato N).

Il collegamento del dispositivo in misura all'unità di acquisizione avviene mediante sei nodi: la coppia di aghi costituita da *force1* e *force2* realizza il collegamento a uno dei terminali del carico elettronico, la coppia di aghi *sense1* e *sense2* viene invece usata come primo terminale di *sense* della tensione da misurare, infine due cavi (di cui uno per l'altro terminale del carico elettronico, l'altro per il secondo terminale di *sense*) sono connessi al substrato del *wafer* (mediante l'apposito porta *wafer* termostato). Vi è poi un ultimo collegamento (opzionale) su ago posizionabile sul *pad* connesso al diodo di *bypass* a protezione della tripla giunzione della cella solare.

Nel caso in cui si forzi la tensione, la misura della corrente viene effettuata rilevando la caduta di tensione ai capi di un resistore di precisione in film metallico a basso TC inserito nel circuito in serie al dispositivo in misura. Un resistore simile permette la misura della corrente della cella di riferimento.

Vi è inoltre la possibilità di applicare tensione e corrente al diodo di *bypass* a protezione della tripla giunzione in modo da caratterizzare anche quest'ultimo.

Il sistema è gestito da un microcontrollore a 32 *bit* che provvede al controllo dei canali di acquisizione del carico attivo in base ai parametri inviati dal *computer* di controllo.

Le misurazioni effettuabili dall'apparato così descritto sono dunque le seguenti:

1. tra terminali "*force*" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una tensione (sino a un massimo di 10V tra N e P della cella) e conseguente lettura della corrente erogata dalla cella (quest'ultima lavora nel primo quadrante cartesiano e la corrente massima non deve superare i 15A), con illuminazione attiva;
2. tra terminali "*force*" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una corrente inversa (sino a un massimo di -1A) sulla cella (a singola giunzione) e conseguente lettura della tensione (la cella lavora nel secondo quadrante cartesiano e la tensione non dovrà superare i -10V, in caso contrario il test restituirà come risultato "FAIL"), con illuminazione disattivata;





3. tra terminali "force" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una corrente diretta con illuminazione disattivata (sino a un massimo di 2A) sulla cella (sia a singola giunzione che a tripla giunzione), conseguente lettura della tensione e acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza mediante telecamera;
4. tra terminali "force" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una tensione inversa (sino a un massimo di -10V) sulla cella (a tripla giunzione) e conseguente lettura della corrente (la cella lavora nel quarto quadrante cartesiano);
5. tra terminale "diodo" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una tensione inversa sul diodo della tripla giunzione (sino a un massimo di -10V) e conseguente lettura della corrente;
6. tra terminale "diodo" e base di appoggio della cella solare: imposizione di una corrente diretta sul diodo della tripla giunzione e conseguente lettura della tensione.

Il substrato del *wafer* utilizzato può essere sia di tipo P (tipico delle celle a tripla giunzione), sia di tipo N (tipico delle celle a singola giunzione). Ciò comporta che, nelle varie sessioni di misura, i terminali assumano le seguenti tensioni, a seconda del test selezionato:

1. A) per celle a substrato P: *sense1+sense2* con tensione positiva rispetto al substrato; la corrente esce dal cella verso *force1+force2* per rientrare dal substrato della cella;
B) per celle a substrato N: *sense1+sense2* con tensione negativa rispetto al substrato; la corrente esce dal substrato verso il porta wafer e poi verso *force1+force2* per poi entrare nella cella
2. A) per celle a substrato P: *sense1+sense2* con tensione negativa rispetto al substrato; la corrente esce dal cella verso *force1+force2* per rientrare dal substrato della cella;
B) per celle a substrato N: *sense1+sense2* con tensione positiva rispetto al substrato; la corrente esce dal substrato verso il porta wafer e poi verso *force1+force2* per poi entrare nella cella.
Per entrambi i casi lo scopo è di polarizzare le celle con tensione diretta per misurare il segnale di elettroluminescenza;
3. A) per celle a substrato P: *sense1+sense2* con tensione negativa rispetto al substrato; la corrente esce dal substrato verso il porta wafer e poi verso *force1+force2* per poi entrare nella cella;
B) per celle a substrato N: *sense1+sense2* con tensione positiva rispetto al substrato; la corrente esce dal cella verso *force1+force2* per rientrare dal substrato della cella;
4. quinto ago con tensione negativa rispetto al substrato: la corrente entrerà nel diodo dal substrato per uscire dal quinto ago;
5. quinto ago con tensione positiva rispetto al substrato: la corrente entrerà nel quinto ago per uscire dal substrato del diodo;

Durante la fase di contattazione delle celle, il sistema mantiene entrambi i terminali di *force* in condizione di corto circuito con il contatto sulla base di appoggio delle stesse.

Il sistema gestisce infine un relè a deviatore (SPDT) da utilizzare per controllare lo *shutter* del simulatore solare.





Sistema meccanico

Il sistema meccanico di movimentazione ha dimensioni 700 x 600 x 446 mm e deve essere posto su un piano stabile che abbia analoghe dimensioni minime.

La funzionalità meccanica dello strumento di caratterizzazione SoCRATes è garantita da tre distinti sistemi di movimentazione motorizzati per gli assi X, Y e Z (Figura 2).

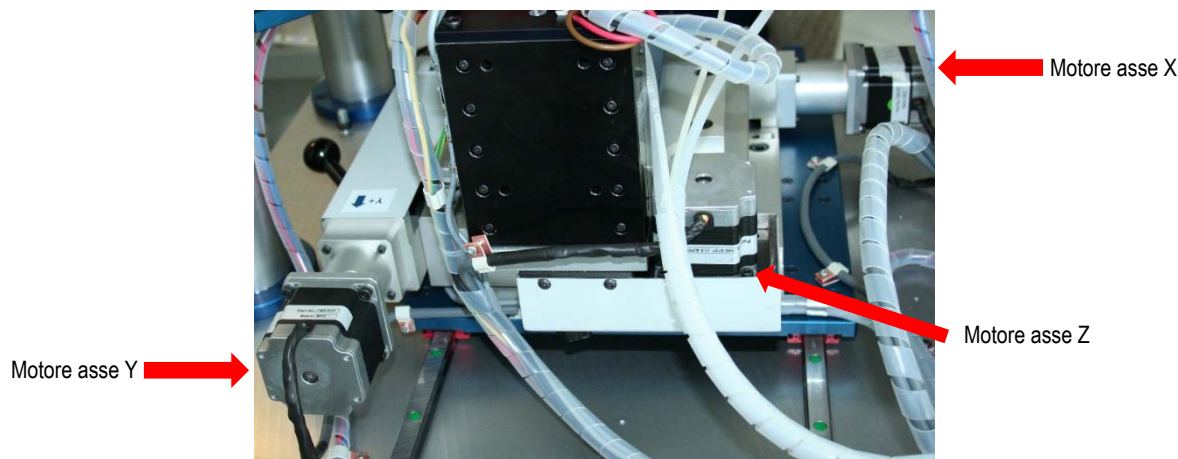


Figura 2 – Motori (vista dal retro)

La tavola su cui è posto il porta *wafer* si sposta nel piano orizzontale grazie a due motori che garantiscono rispettivamente il movimento sull'asse X e sull'asse Y. Ogni giro motore provoca uno spostamento assiale di 2 mm. La corsa totale è di ± 70 mm per l'asse X e ± 55 mm per l'asse Y.

Nel piano verticale, invece, essa possiede una corsa di 25 mm. Il porta *wafer* può essere posizionato a un'altezza che varia da 240 a 265 mm rispetto alla base del sistema. Anche in questo caso, ogni giro motore sposta la tavola di 2 mm.

Tutto il sistema è posto su quattro piedini di regolazione; una bolla situata sulla parte anteriore del basamento agevola il posizionamento corretto del sistema, permettendo una posa perfettamente in piano.

Una volta posizionato e allineato il *wafer* (si veda *pagina 17 – Allineamento del wafer*), l'operatore sistemerà manualmente ogni singolo ago sui *pad* della prima cella tramite i tre pomelli di regolazione presenti e indicati nelle Figura 3.

I pomelli di regolazione permettono il posizionamento degli aghi in qualsiasi punto interno alla cella.

Ogni tacca sul pomello di regolazione corrisponde ad uno spostamento di 0,01 mm. Un giro completo del pomello provoca uno spostamento di 0,5 mm. Le torrette hanno una corsa di 40 mm sugli assi X e Y e di 20 mm sull'asse Z.

Posti gli aghi nella posizione desiderata, è possibile bloccare lo spostamento assiale delle torrette stringendo i pomelli di blocco per ognuno dei tre assi. (in Figura 3 è possibile notare i pomelli di blocco per gli assi X e Z).

Le torrette sono poste su un piatto di rotazione che consente la loro regolazione angolare (il fissaggio di questo è garantito da viti con testa a brugola).

La morsa che regge il braccio porta ago, infine, consente di regolare l'inclinazione e la distanza del porta ago dal *wafer*.



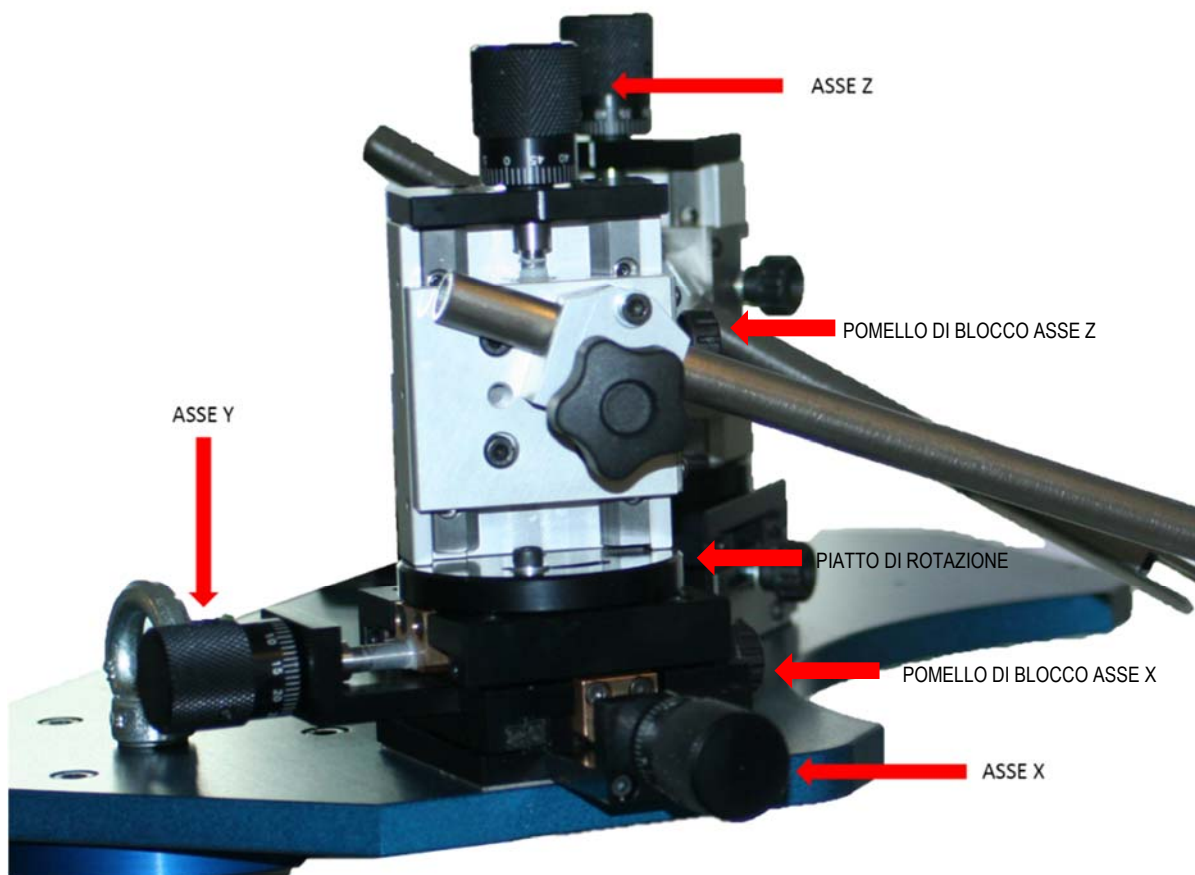


Figura 3 – Pomelli di regolazione della posizione dell'ago

Un raccordo in bachelite collega la testina porta ago all'estremità dei bracci (Figura 4). Sia la testina che il raccordo sono mobili, per garantire maggiore flessibilità nel posizionamento degli aghi.



Figura 4 – Braccio e testina porta ago

Una volta posizionati correttamente gli aghi, il sistema di movimentazione X-Y-Z sposterà automaticamente il wafer in modo da eseguire il test su ogni cella successiva. La movimentazione del wafer consente di mantenere in posizione





fissa gli aghi, così da non influenzare la luce incidente sul campione sotto test: la posizione della cella testata risulta essere sempre la stessa.

Il sistema di movimentazione è controllato mediante il *software* di acquisizione installato sul PC di controllo.

La precisione dei movimenti è inferiore a 100µm.

Nella parte più alta dello strumento è posizionato un sistema di brandeggio per la telecamera di rilevamento.





Porta wafer

Il *wafer* contenente le celle solari viene posto su un porta *wafer* circolare posizionato su un cassetto estraibile che, movimentato manualmente, facilita il carico e la rimozione del *wafer* (Figura 5).

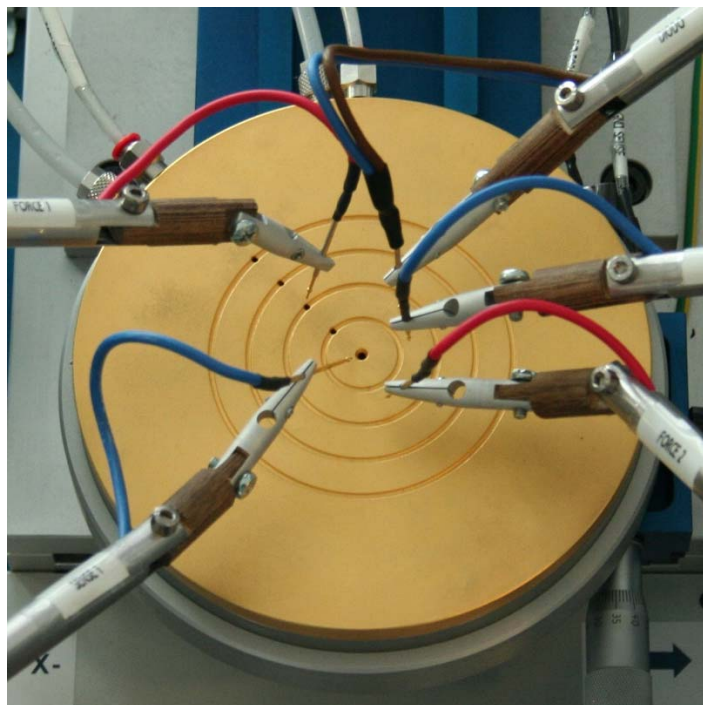


Figura 5 – Posizione del porta *wafer*

Il porta *wafer* (Figura 6) è costituito da due dischi concentrici sovrapposti di 150 mm di diametro per un'altezza totale di 20 mm.

Il disco superiore, in rame, è ricoperto da uno strato d'oro con spessore medio di 0,15 μm , al fine di garantire una contattazione elettrica ottimale ed evitare processi di ossidazione.



Attenzione: la presenza della placcatura in oro impone che l'operatore presti attenzione a non rigare la superficie per non compromettere la contattazione e per impedire l'ossidazione del rame sottostante.

Sul disco sono incisi 4 solchi concentrici distanziati tra loro di 10mm (il solco più esterno ha quindi diametro di 80mm): all'interno di ogni circonferenza vi è un foro connesso al sistema di aspirazione esterno (Figura 6).

La presenza di più punti di aspirazione permette il bloccaggio di *wafer* di diverse dimensioni (fino ad un diametro massimo di 4 pollici, ovvero circa 100 mm). Il foro centrale (indipendente dagli altri 4) consente l'aspirazione per celle singole.

Sul bordo del disco superiore sono presenti due attacchi per il sistema di generazione del vuoto: a destra per l'aspirazione sui 4 fori esterni, a sinistra per quella del foro centrale (Figura 7).





Cerchi concentrici
e fori di aspirazione

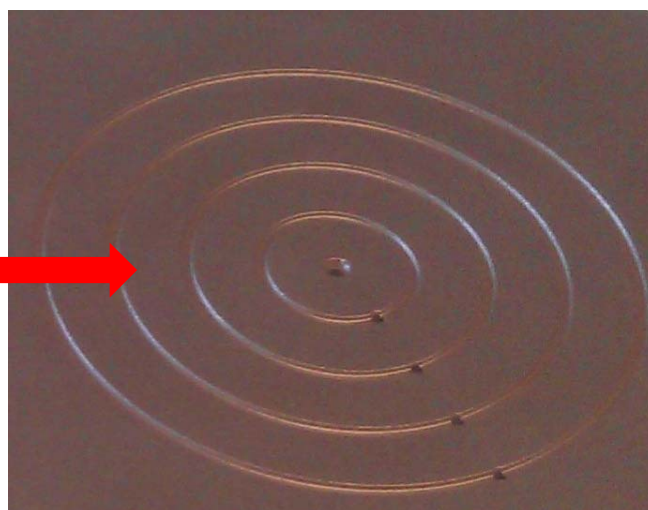
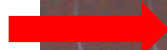


Figura 6 - Particolare della superficie aspirante

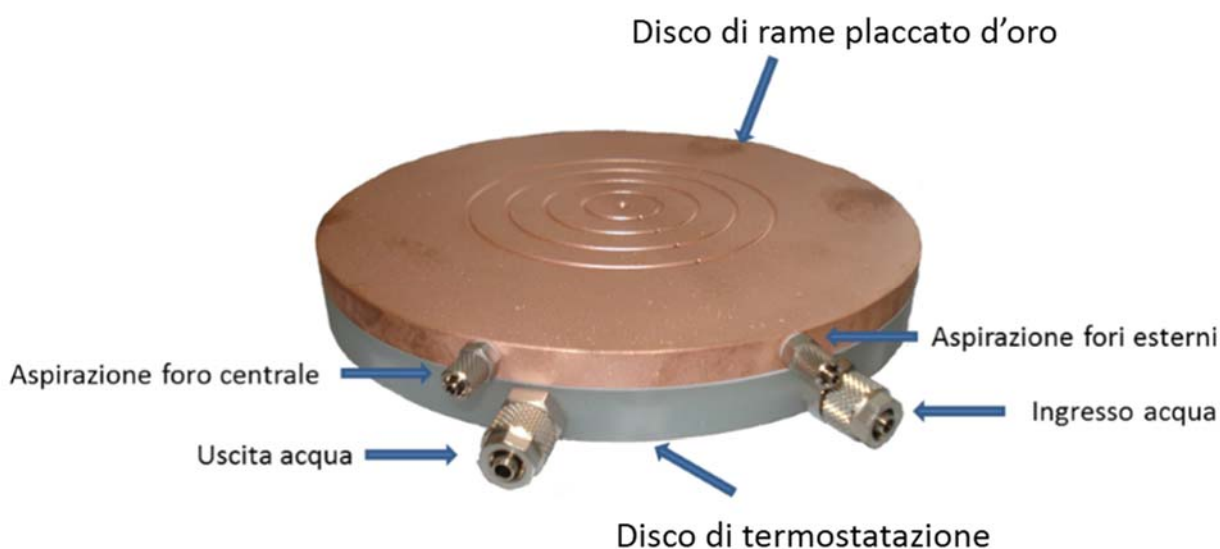


Figura 7 - Porta wafer

L'azionamento dell'aspirazione è garantito da due valvole a pulsante poste sul lato sinistro del sistema meccanico. Quando si preme l'interruttore viene attivato il sistema di aspirazione, quando si rilascia l'interruttore l'aspirazione viene interrotta e il sistema di vuoto scaricato, permettendo così la movimentazione della cella. La valvola anteriore pilota l'aspirazione del foro centrale mentre quella posteriore gestisce i quattro fori esterni (Figura 8).





Figura 8 – Pulsanti di azionamento dell'aspirazione

Sul bordo del disco è anche presente un foro in cui vi è inserito un sensore di temperatura del diametro di 1,5 mm.

Il disco inferiore, costituito da materiale isolante, è provvisto di due attacchi per permettere la circolazione dell'acqua all'interno del dispositivo (Figura 7). Occorre prevedere il ricircolo dell'acqua mediante un *chiller*: ciò consente di mantenere controllata la temperatura del porta *wafer* e, quindi, del *wafer* durante la misura.

Il porta *wafer*, quindi, svolge quattro funzioni:

- isolamento elettrico verso la struttura meccanica;
- tenuta in posizione mediante aspirazione del *wafer* o della cella singola;
- termostatazione tramite ricircolo forzato d'acqua;
- terminale di contattazione del substrato del *wafer* della cella solare.





Allineamento del *wafer*

Prima di avviare il test di una cella solare è necessario allineare il *wafer* al sistema. Questa procedura è di fondamentale importanza, soprattutto quando non è necessario testare un'unica cella ma un *wafer* composto da più celle. Il corretto allineamento del *wafer*, infatti, permette a SoCRATes di eseguire il *testing* automatico su tutte le celle.

La procedura di allineamento del *wafer* si esegue allineando manualmente un qualunque ago di test sulla prima e sull'ultima cella da testare.

Per fare ciò è necessario, come prima cosa, permettere all'unità di controllo di SoCRATes di conoscere la posizione del porta *wafer* rispetto al sistema. Per raggiungere questo obiettivo, dopo aver connesso il PC con l'unità di controllo, si deve selezionare il tasto Home Position posto nel pannello principale del *software* di gestione (Figura 9). Questa procedura deve essere eseguita solamente dopo l'accensione dell'unità: una volta acquisita la *Home Position*, la posizione assoluta viene mantenuta fino allo spegnimento del sistema. Un eventuale riavvio del *software* non comporta la perdita dei dati inerenti la posizione.

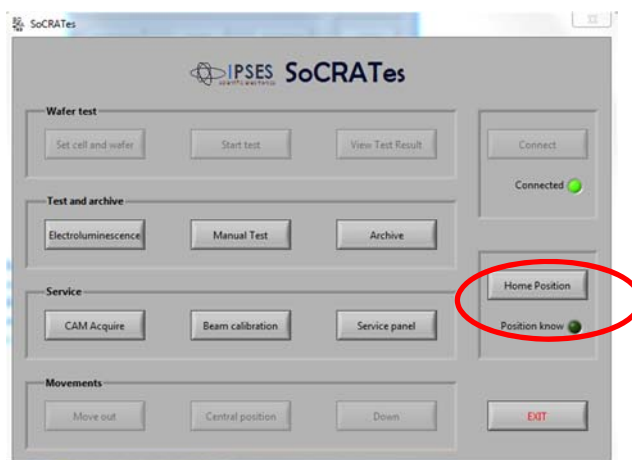


Figura 9 - Home Position Button

La *Home Position* è la posizione mediana tra gli assi X e Y del sistema. La procedura di *Home Position* sposta tutti i motori verso il fine corsa negativo (a sinistra per l'asse X, verso il lato operatore per l'asse Y e verso il basso per l'asse Z) per poi spostarsi nella posizione mediana.

Acquisita la *Home Position* è possibile avere accesso al tasto Set cell and wafer, posto sempre all'interno del *main panel*. La pressione di questo tasto apre la finestra Select cell to test mostrata in Figura 10.

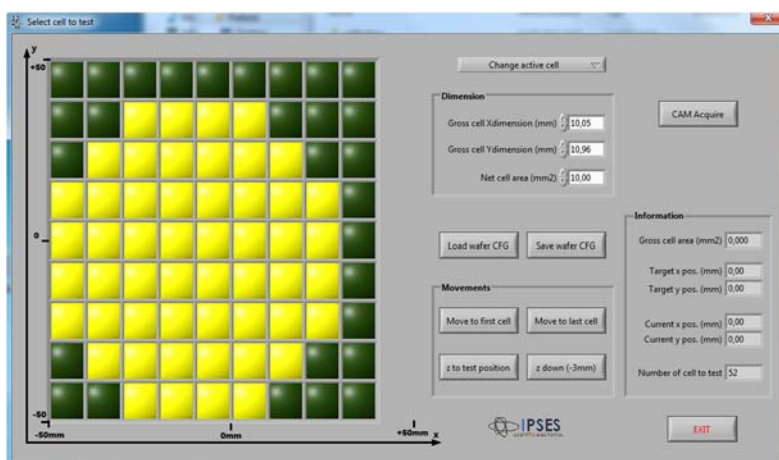




Figura 10 – Menu di impostazione del *wafer*

All'interno di questo menu è necessario completare i campi Gross cell Xdimension (mm) e Gross cell Ydimension (mm) e si deve selezionare le celle all'interno della griglia così da comporre il *pattern* del *wafer* da testare.

E' possibile salvare i settaggi così immessi attraverso il tasto Save wafer CFG e richiamarli con il tasto Load wafer CFG.

E' ora necessario avviare il processo di regolazione vera e propria degli aghi rispetto ai *pad* delle celle. Come accennato in precedenza si inizia allineando un ago (è consigliabile, per comodità, utilizzare l'ago di *force1*, posto a sinistra) con il *pad* della prima cella. Per spostare il porta *wafer* in modo che la prima cella risulti in posizione di test è sufficiente premere il tasto Move to first cell.

Utilizzare le diverse regolazioni presenti sulla torretta porta ago per effettuare il posizionamento (Figura 11).



Attenzione: è necessario che l'ago venga posto in una posizione riconoscibile rispetto ad entrambi gli assi, poiché esso andrà posizionato nella stessa posizione anche sul *pad* dell'ultima cella del *wafer*. Se si decide di posizionare come primo ago quello di *force1*, ad esempio, si può allinearlo all'estremità superiore sinistra del *pad*, cosicché sarà semplice identificare la stessa posizione sul *pad* dell'ultima cella.

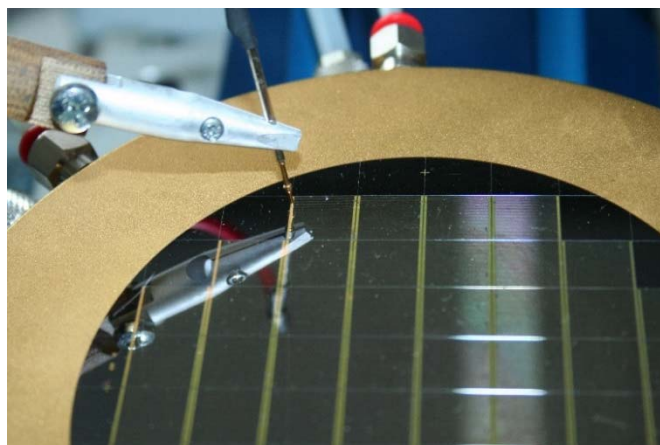


Figura 11 – Allineamento di un ago sul *pad* della prima cella del *wafer*

Spostare quindi il porta *wafer* nella posizione dell'ultima cella premendo il tasto Move to last cell. É ora necessario allineare lo stesso ago con il *pad* dell'ultima cella del *wafer*. Obiettivo di questa procedura è centrare ortogonalmente il *wafer* rispetto al sistema. Sull'ultima cella non è quindi sufficiente calibrare la posizione dell'ago usando unicamente le regolazioni della torretta, poiché ciò implicherebbe l'uscita dalla taratura dell'ago con la prima cella senza influire sull'angolazione del *wafer* rispetto al sistema.

E' quindi necessario tarare la posizione dell'ago rispetto al *pad* dell'ultima cella utilizzando sia i pomelli di regolazione micrometrica della torretta, sia il pomello di regolazione angolare del porta *wafer* (Figura 12).

Anche il sistema di regolazione angolare è provvisto di sistema di bloccaggio.



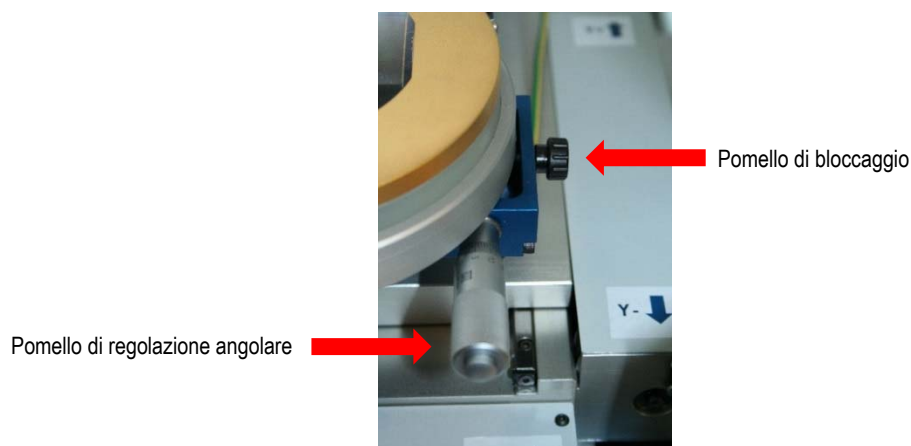


Figura 12 – Pomello di regolazione angolare del porta *wafer*

Il raggiungimento della taratura ortogonale del *wafer* viene effettuata tramite un processo ad approssimazioni progressive. Le procedure di calibrazione della prima e dell'ultima cella andranno quindi ripetute sino al raggiungimento dell'obiettivo di far coincidere le posizioni dell'ago rispetto ai *pad* di queste.

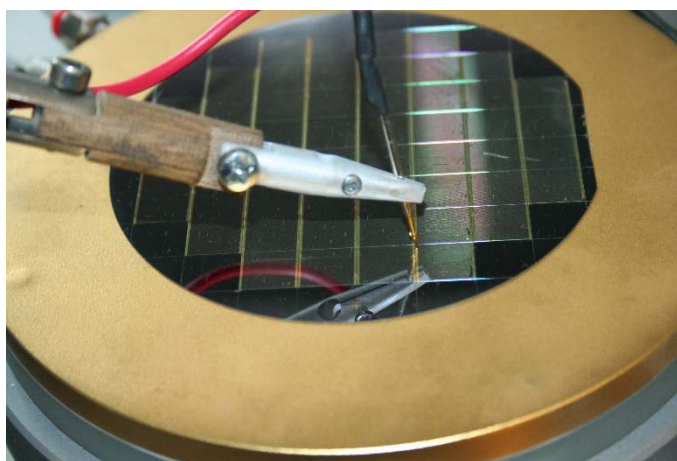


Figura 13 – Allineamento dell'ago sul *pad* dell'ultima cella del *wafer*

Il *software* permette di definire un *offset* di posizionamento in x-y pertanto, una volta raggiunta l'ortogonalità del *wafer*, non è necessario muovere ulteriormente l'ago, poiché sarà possibile modificare la posizione x-y mediante il *software* stesso.

Quando l'ago risulta allineato sia con il *pad* della prima cella, sia con quello dell'ultima è possibile posizionare gli altri aghi necessari (Figura 14) senza doversi più preoccupare del loro allineamento poiché l'ortogonalità del *wafer* garantirà la perfetta contattazione di tutti gli aghi.



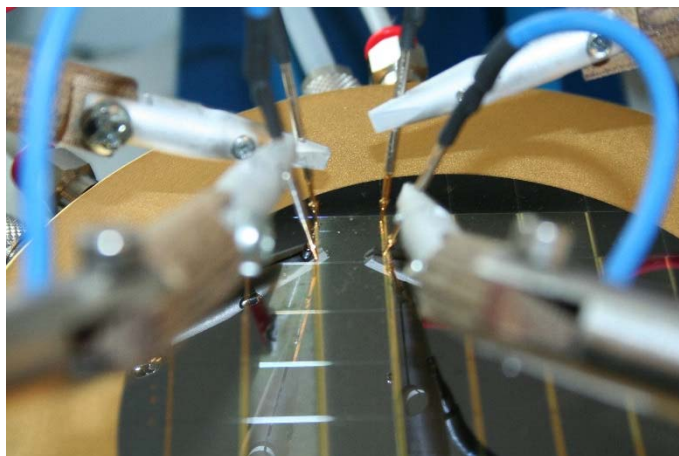


Figura 14 – Allineamento di 4 aghi sui *pad* della prima cella del *wafer*

Attraverso il menu a tendina *Change active cells* nella parte alta del pannello di impostazione del *wafer* è possibile cambiare la modalità in *Move to selected pos.* In questa modalità è sufficiente selezionare una qualsiasi cella solare del *wafer* per provocare lo spostamento del porta *wafer* così che la cella attiva venga allineata agli aghi. E' così possibile sia verificare il corretto allineamento degli aghi con tutte le celle solari, sia impostare un test manuale su una cella specifica.





Telecamera per l'acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza

L'acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza viene effettuata mediante una telecamera con spettro di acquisizione compreso tra il visibile e il NIR (*near infrared*), con ottica fissa da 25 mm e due filtri intercambiabili (Figure 15 e 16).



Figura 15 - Telecamera



Figura 16 - Obiettivo e filtri passabanda





La telecamera è posizionata su un braccio regolabile per l'inquadratura del *wafer* (Figura 17).
Opzionalmente è possibile montare un braccio per montare una seconda telecamera qualora fosse necessario avere più dispositivi di acquisizione delle immagini a lunghezze d'onda differenti (maggiori di 100 nm).

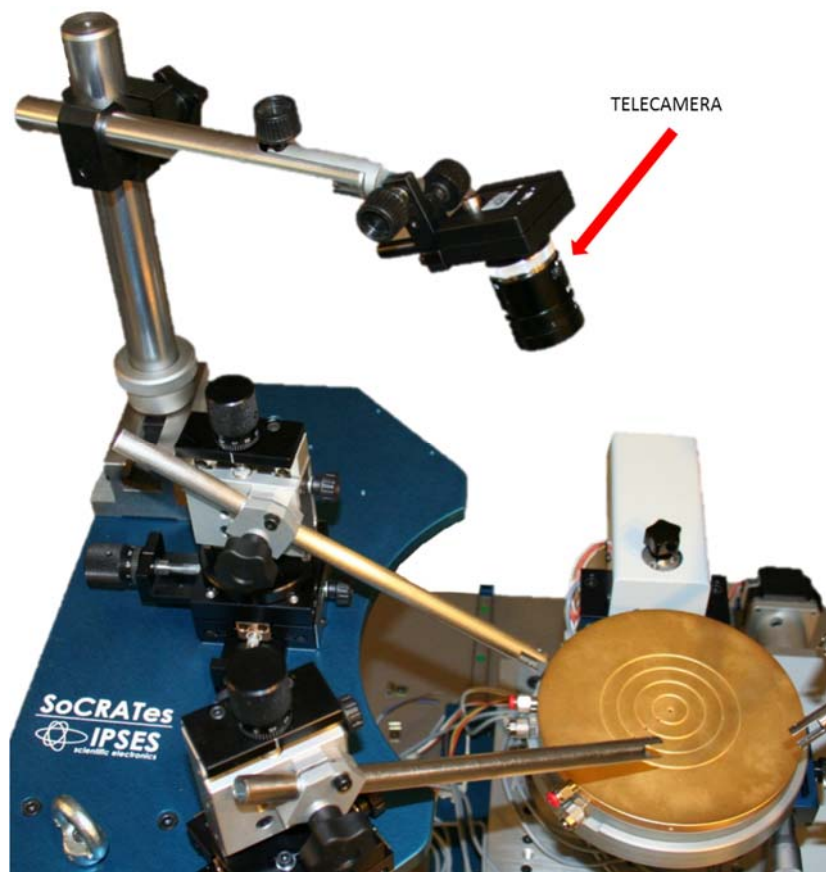


Figura 17 - Braccio telecamera

La telecamera, connessa all'elaboratore tramite cavo USB, ha una risoluzione di 1280X1024 *pixel*.
Nel grafico (Figura 18) è mostrata la sua risposta spettrale (in Figura 18, facendo riferimento alla curva contrassegnata come NIR).



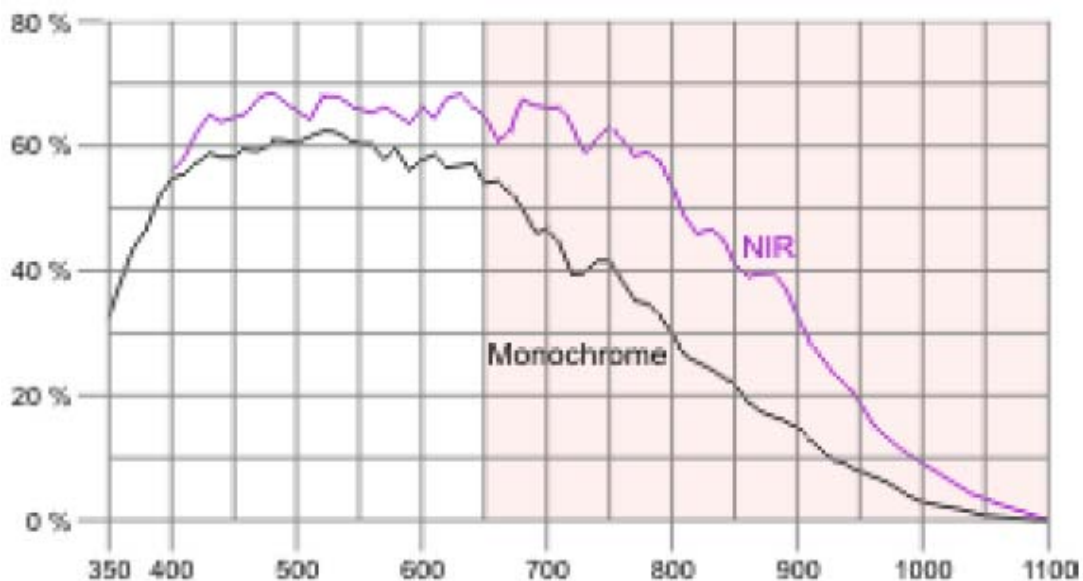


Figura 18 - Risposta spettrale della telecamera

Prima di procedere all'acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza, occorre applicare alla telecamera il filtro adeguato tra i due forniti in dotazione.

Il filtro viene avvitato direttamente sull'obiettivo: questo consente di applicare e rimuovere i filtri senza dover smontare l'obiettivo dal corpo della telecamera e la telecamera dal braccio di fissaggio.

Il primo è un filtro passa banda rosso scuro è ottimizzato per un'acquisizione di lunghezze d'onda comprese tra 600 e 700 nm (Figura 19).

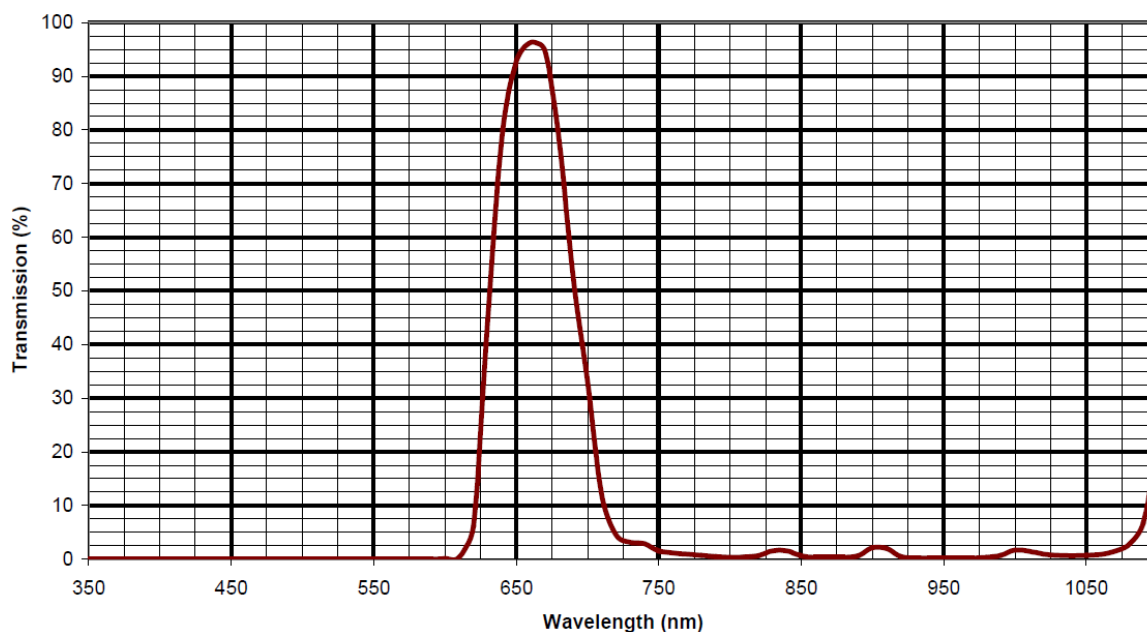


Figura 19 - Filtro passabanda rosso





Il secondo, invece, è un filtro passabanda infrarosso ottimizzato per l'acquisizione di lunghezze d'onda NIR comprese tra 800 e 1000 nm (Figura 20).

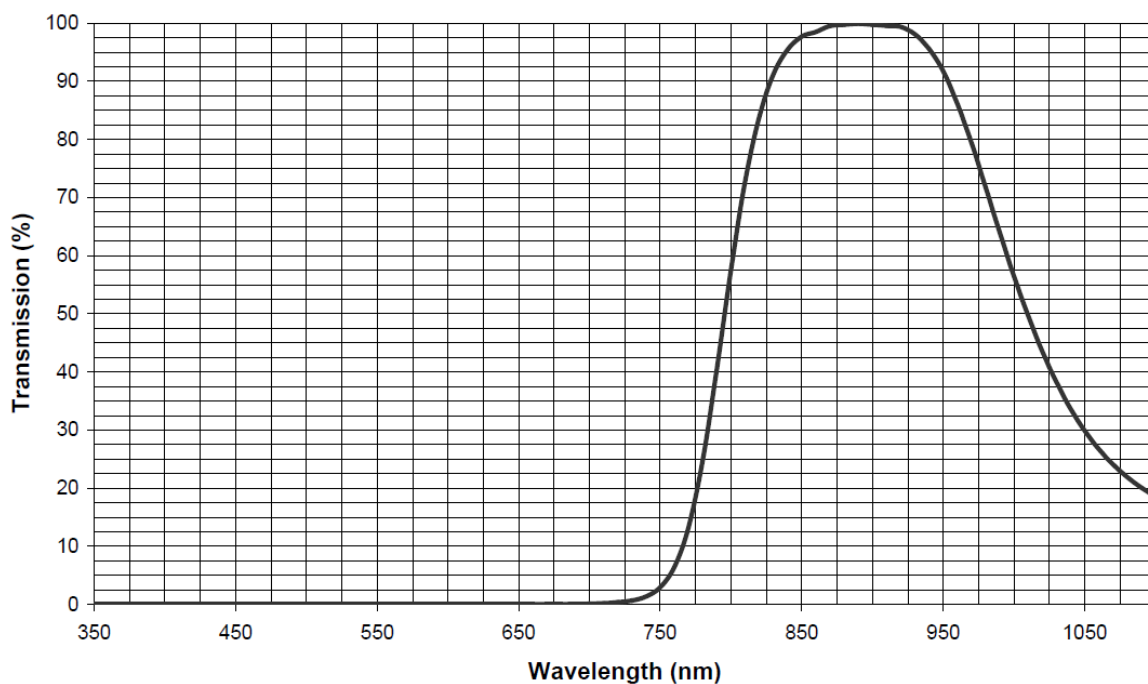


Figura 20 - Filtro NIR





Blocco di sicurezza del sistema

Il sistema meccanico di movimentazione del porta *wafer* è munito di fotocellula per il blocco di sicurezza dei motori. La fotocellula è posizionata sul fronte del sistema (Figura 21) e impedisce all'operatore di accedere alla zona dedicata al movimento del porta *wafer* durante il funzionamento del sistema. Durante la fase di test l'operatore non può operare sulla posizione delle celle solari, poiché ciò implicherebbe il blocco dei motori.

Quando interviene il blocco dei motori si accende il LED rosso Error posto sul pannello frontale dell'unità di controllo.

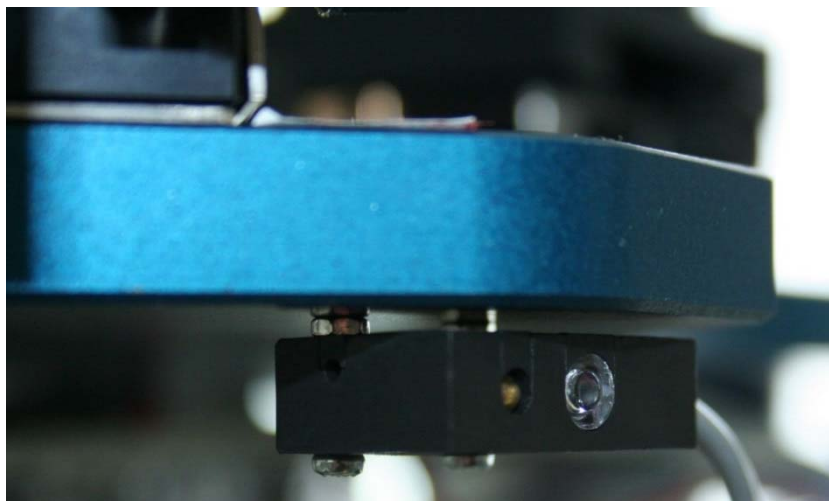


Figura 21 – Fotocellula di sicurezza





Software

Il *software* di gestione è stato sviluppato per ambiente Windows 7 (sia 32 sia 64 *bit*) ed è in grado di:

- gestire autonomamente e completamente la caratterizzazione di tutte le celle presenti su un *wafer* di germanio o di silicio allineato manualmente;
- gestire la prova manuale di una singola cella;
- gestire la movimentazione della base porta *wafer*;
- gestire lo *shutter* del simulatore solare e la lettura della corrente della cella durante la calibrazione del fascio emesso;
- gestire l'acquisizione delle immagini di elettroluminescenza e salvarle;
- gestire il salvataggio, il caricamento e la presentazione grafica dei dati che sono esportabili anche in formato CSV (*Comma Separated Values*);
- gestire la definizione di 15 classi in base alle quali è possibile creare automaticamente un'associazione per ogni cella testata con la relativa classe;
- gestire un *file* di *report* sintetico per una serie di celle, salvandone i dati significativi suddivisi in righe e colonne;
- mantenere la retro compatibilità con i dati salvati dal *software* del sistema attuale "SCT - Solar Cell Tester" prodotto da AEDI (cod. P11MK2-9150): è possibile pertanto aprire tutte le misurazioni effettuate con tale sistema.





Installazione del *software*

Per il corretto funzionamento del Sistema di Controllo SoCRATes è necessario installare il *software* presente sul CD fornito unitamente allo strumento.

Il processo di installazione del sistema si svolge in tre semplici passaggi:

- installazione dei *drivers* per l'interfacciamento della telecamera;
- installazione dei *drivers* per l'interfacciamento del sistema di controllo;
- installazione del *software* per la gestione dell'unità di controllo e la rielaborazione dei dati.

Il CD di installazione contiene tre cartelle, al cui interno sono presenti i *file* di *setup*.

La cartella IPSES D2XX v2.08.24 permette di installare i *drivers* del sistema di controllo. E' necessario avviare il file adeguato al sistema in uso (dpinst_amd64 per sistemi a 64 *bit* o dpinst_x86 per sistemi a 32 *bit*).

La *Directory* CAM Driver permette di installare la telecamera. Anche in questo caso è necessario selezionare il programma adeguato al proprio sistema operativo (Driver64bit - uEye64_42000 per sistemi a 64 *bit* o Driver32bit - uEye32_42000 per sistemi a 32 *bit*).

La cartella SoCRATes, infine, contiene i *file*, sviluppati in LabView 2010 di National Instruments, per l'installazione del *software* di gestione dell'unità di controllo.

Setup avvia il programma di installazione. Nella finestra Destination Directory (Figura 22) è possibile modificare il percorso di installazione del *software* SoCRATes e dei programmi di supporto di National Instruments.

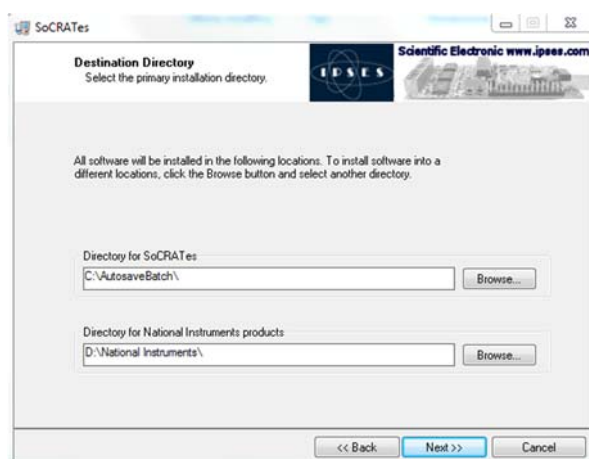


Figura 22 – Destination Directory

Il tasto Next permette di avanzare alla finestra di riepilogo dei prodotti che verranno installati (Figura 23).



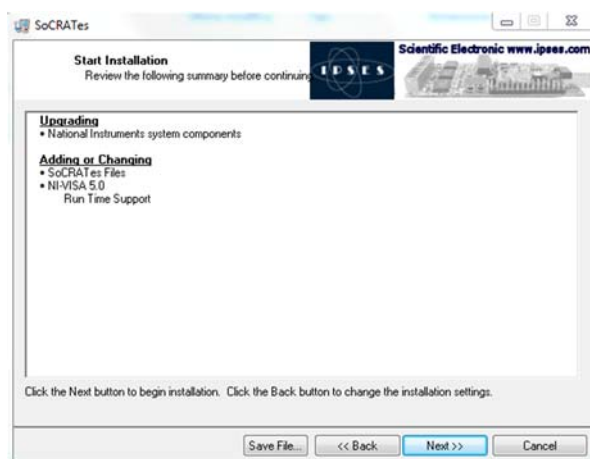


Figura 23 – Riepilogo delle impostazioni di installazione

L'ulteriore pressione del tasto Next avvia l'installazione del software (Figura 24).

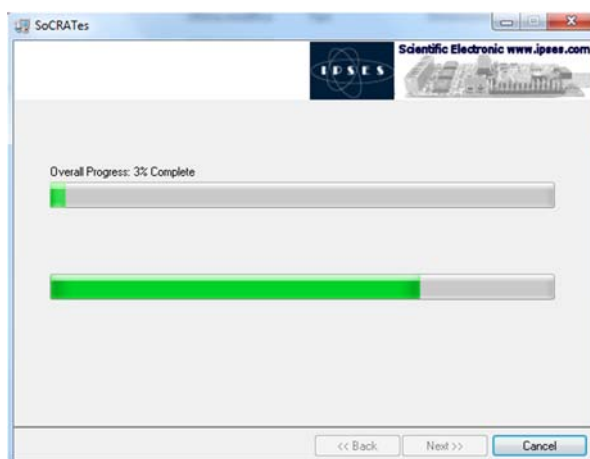


Figura 24 – Installazione del software

Dopo aver selezionato il tasto Finish nell'ultima finestra del programma di installazione è possibile utilizzare il sistema SoCRATes.



Attenzione: Perché il sistema funzioni correttamente è necessario installare sia il *software* di gestione, sia i *drivers* per l'interfacciamento del sistema elettronico, sia quello per l'interfacciamento dei motori e per l'utilizzo della telecamera. La mancata installazione di uno dei componenti *software* comprometterà il corretto funzionamento del sistema.





Funzionamento del *software*

Una volta avviato il *software* dall'icona SoCRATes, si apre il pannello di controllo principale dal quale è possibile accedere a tutte le funzionalità dello strumento (Figura 25).



Figura 25 – Pannello di controllo principale del *software* di gestione

Il tasto **Connect** avvia la comunicazione tra il PC e l'unità di controllo.

Avviata la comunicazione è necessario, come già spiegato in precedenza, identificare la posizione del porta *wafer* rispetto al sistema attraverso il tasto **Home Position** (solo se il sistema elettronico è stato appena acceso: non è necessario effettuare quest'operazione se viene solo riavviato il *software*).

Dimensionamento del *wafer*

Il tasto **Set cell and wafer** (accessibile solo dopo aver eseguito la procedura di l'*home position*) permette di accedere alla finestra di settaggio dei parametri del *wafer* (Figura 26).

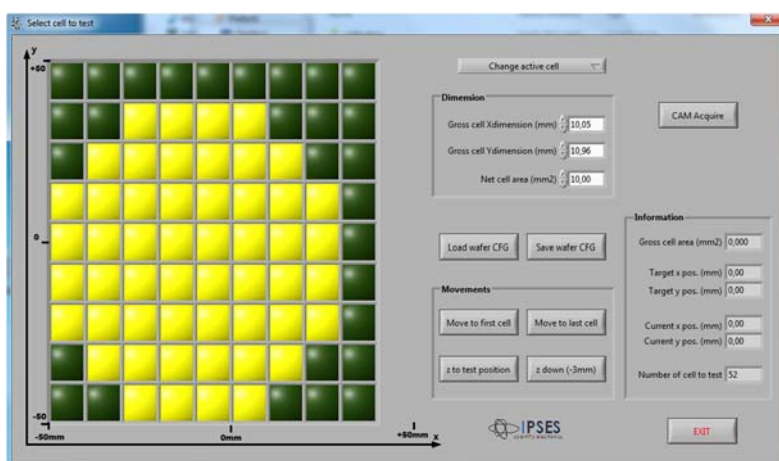


Figura 26 – Menu di impostazione del *wafer*

All'interno del riquadro di dimensionamento del *wafer* è possibile introdurre i dati relativi alla dimensione del *wafer*:





- Gross cell Xdimension (mm) rappresenta la larghezza di ogni singola cella sull'asse X (con valori da 2,5 mm a 50 mm);
- Gross cell Ydimension (mm) rappresenta la larghezza di ogni singola cella sull'asse Y (con valori da 2,5 mm a 50 mm);
- Net cell area (mm²) rappresenta l'area utile del *wafer* (ossia quella su cui vi è la giunzione fotovoltaica).

I tasti Load wafer CFG e Save wafer CFG permettono di salvare le impostazioni inserite e di caricare le impostazioni salvate precedentemente.

Il riquadro di movimentazione offre diversi comandi per muovere il porta *wafer*:

- Move to the first cell sposta il porta *wafer* in modo che la prima cella sia allineata al centro del sistema;
- Move to the last cell sposta il porta *wafer* in modo che l'ultima cella sia allineata al centro del sistema;
- Z to test position: posiziona il porta *wafer* nella posizione di test per quello che concerne l'asse Z;
- Z down(3mm): sposta il porta *wafer* verso il basso di 3 mm al fine di agevolare la movimentazione manuale degli aghi.

Il tasto Change active cell, posto nella parte superiore della schermata, permette di spostarsi su una qualsiasi cella solare selezionata all'interno del *wafer*.

All'interno del riquadro Information sono presenti le informazioni di posizione del porta *wafer* rispetto al centro (*home position*), il numero totale di celle che compongono il *wafer* e la dimensione lorda del *wafer* (come dimensione lorda si intende la dimensione delle celle a cui vengono aggiunte quelle dei *pad*).

Il reticolo di celle alla sinistra nel menu di impostazione delle dimensioni del *wafer* consente di specificare l'effettiva forma del *wafer* selezionando le celle da testare. Le celle selezionate assumono il colore giallo. Se si vuole testare solo un ristretto numero di celle del *wafer*, in questa fase è possibile selezionare solo le celle che si ha intenzione di testare.

Il tasto CAM Acquire consente di visualizzare l'immagine ripresa con la telecamera, al fine di agevolare il posizionamento manuale degli aghi.

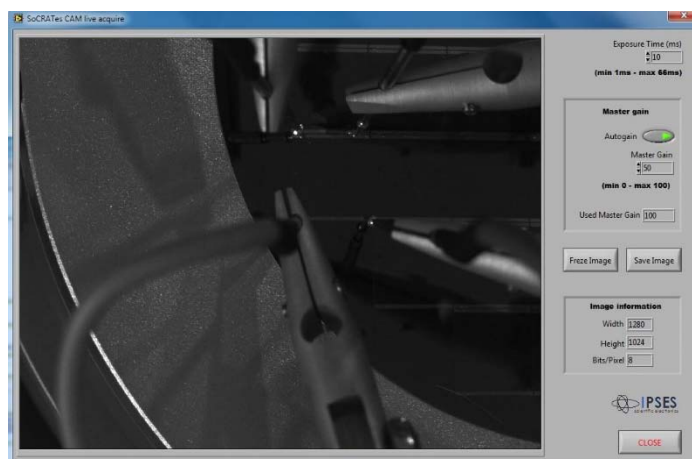


Figura 27 – Menu di impostazione del *wafer*

La finestra che si raggiunge premendo il tasto CAM Acquire (Figura 27) permette di regolare il guadagno e l'esposizione dell'immagine, di fermare un'immagine sullo schermo e di salvarla.

Preparazione del test





Definiti i parametri dimensionali del *wafer* viene attivato il tasto Start test sul pannello del *main menu*. Questo tasto permette di accedere al menu di settaggio dei parametri elettrici di test (Figura 28).

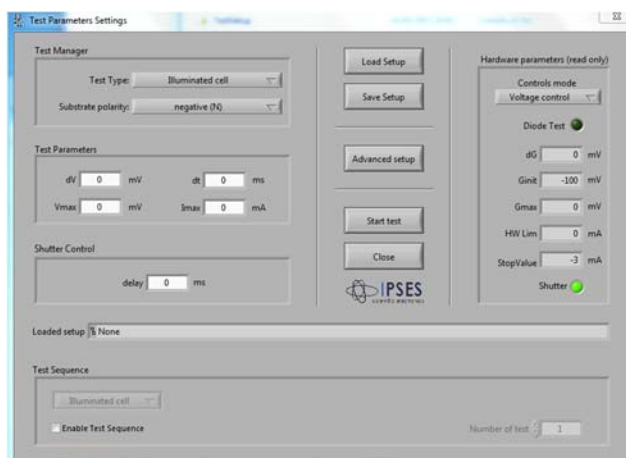


Figura 28 – Menu di impostazione dei parametri elettrici

Il *checkbox* Enable Test Sequence, posto nella parte inferiore della finestra, permette di scegliere se eseguire un singolo test o una sequenza di più test sulla stessa cella. Abilitata la spunta è, infatti, possibile selezionare, all'interno dello stesso riquadro, il numero di *test* da eseguire (fino ad un massimo di 5) e selezionare i tipi di *test* all'interno della sequenza così creata (Figura 29).

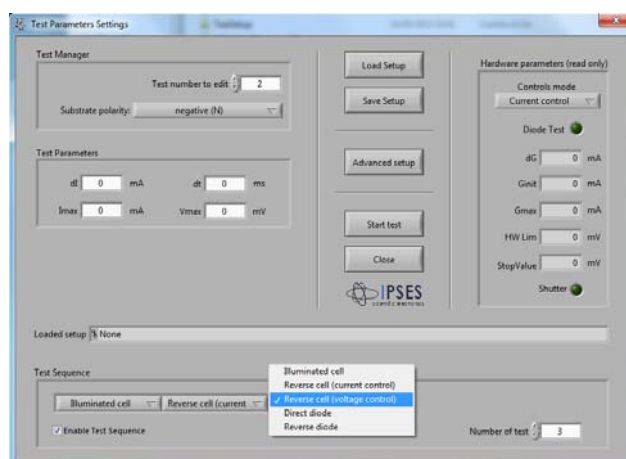


Figura 29 – Selezione di una sequenza di test

Il riquadro Test Manager permette di selezionare la tipologia di test da eseguire. Se non è stata inserita la spunta per la creazione di una sequenza, in questo riquadro è selezionabile sia il tipo di test, sia la polarità del substrato (Figura 30).

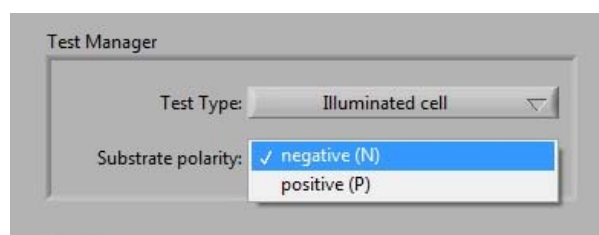
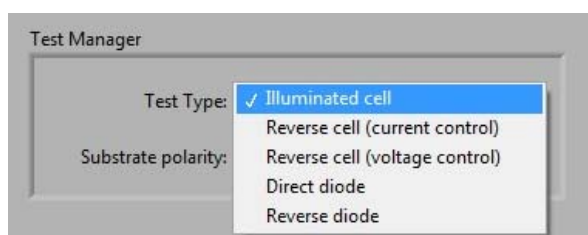




Figura 30 – Riquadro Test Manager per un singolo test

Se è stata invece selezionata la possibilità di eseguire una sequenza di test, nel riquadro Test manager è possibile selezionare il numero del test da modificare e la polarità del substrato (Figura 31). La tipologia dei test da eseguire all'interno della sequenza viene selezionata direttamente nel riquadro Test Sequence operando sui menu a tendina relativi ai singoli test.

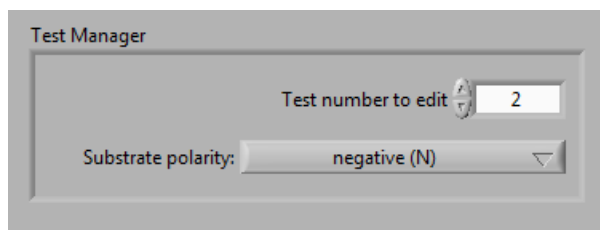


Figura 31 – Riquadro Test Manager per una sequenza di test

Il menu a tendina Test Type (nel singolo test) e i menu a tendina nella sequenza, permettono di scegliere uno dei seguenti test:

- **Illuminated cell:** caratterizzazione della cella illuminata dal simulatore solare, nel suo funzionamento normale;
- **Reverse cell (current control):** test della cella polarizzata inversamente rispetto al normale funzionamento, con controllo in corrente;
- **Reverse cell (voltage control):** test della cella polarizzata inversamente rispetto al normale funzionamento, con controllo in tensione;
- **Direct diode:** test sul diodo presente nella cella a tripla giunzione con polarizzazione diretta;
- **Reverse diode:** test sul diodo presente nella cella a tripla giunzione con polarizzazione inversa.

Il funzionamento di ogni test è basato sulla generazione di una rampa di tensione oppure di corrente (in funzione del tipo di test impostato).

Il menu a tendina **Substrate polarity** consente di selezionare la polarità del substrato della cella.

Nel riquadro Test Parameters è possibile impostare i valori di controllo della rampa corrente/tensione per il test. Se si esegue un test con controllo in tensione, i parametri selezionabili saranno:

- **dV:** rappresenta lo *step* di incremento di tensione della rampa;
- **dt:** rappresenta la durata di ogni *step*;
- **Vmax:** rappresenta il valore massimo di tensione raggiunto il quale viene terminata la rampa;
- **Imax:** rappresenta il valore massimo di corrente, impostato come valore massimo di sicurezza, raggiunto il quale il test viene comunque terminato.

Se si esegue un test con controllo in corrente, i parametri selezionabili saranno:

- **dI:** rappresenta lo *step* di incremento di corrente della rampa;
- **dt:** rappresenta la durata di ogni *step*;
- **Imax:** rappresenta il valore massimo di corrente raggiunto il quale viene terminata la rampa;
- **Vmax:** rappresenta il valore massimo di tensione, impostato come valore massimo di sicurezza, raggiunto il quale il test viene comunque terminato.

Nel riquadro di destra **Hardware parameters (read only)** vengono visualizzati i valori che il sistema imposta in automatico elaborando quelli introdotti dall'operatore:

- **Controls mode:** visualizza se il test è eseguito in controllo di tensione oppure di corrente. Il tipo di controllo è definito in base alla selezione di **Test Type**;





- Diode Test: il LED si accende se è stato selezionato un test che prevede il coinvolgimento del diodo presente nella cella a tripla giunzione e, quindi, del quinto *probe* di SoCRATES;
- dG: rappresenta il valore di incremento di corrente/tensione ricalcolato in riferimento alla polarità del substrato;
- Ginit: rappresenta il valore di partenza di corrente/tensione per la generazione della rampa;
- Gmax rappresenta il valore massimo della rampa corrente/tensione ricalcolato in riferimento alla polarità del substrato;
- HW Lim: rappresenta il limite di corrente/tensione (in base al test in esecuzione) oltre il quale si attiva il limitatore *hardware*;
- Stop Value: rappresenta il limite di corrente/tensione (in base al test in esecuzione) superato il quale il test viene terminato;
- Il LED Shutter si accende solo quando è stato selezionato il test che coinvolge l'uso dello *shutter* (Illuminated cell).

I tasti Load e Save posti nella parte centrale della finestra permettono di salvare i valori impostati e di caricare quelli precedentemente salvati.

Il tasto Advanced setup consente di aprire la finestra per la modifica manuale dei valori *hardware* di basso livello (Figura 32).

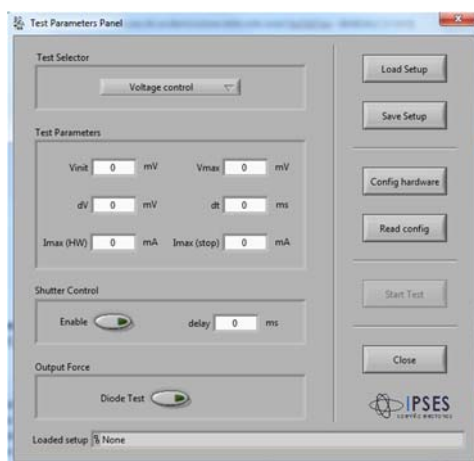


Figura 32 – Test Parameters Panel per l'impostazione dei valori *hardware* di basso livello

Il tasto Start test avvia il test, mentre il tasto Close permette di chiudere la finestra e di tornare al menu principale (senza avviare il test).

Esecuzione del test

Impostati i valori dimensionali del *wafer* e i valori di tensione/corrente a cui sottoporre la cella solare, il test può essere avviato. Esso procederà automaticamente fino a che tutte le celle selezionate verranno testate o sino all'arresto da parte dell'operatore.

Durante la fase di test sul monitor del PC viene visualizzata la finestra Test result (Figura 33).



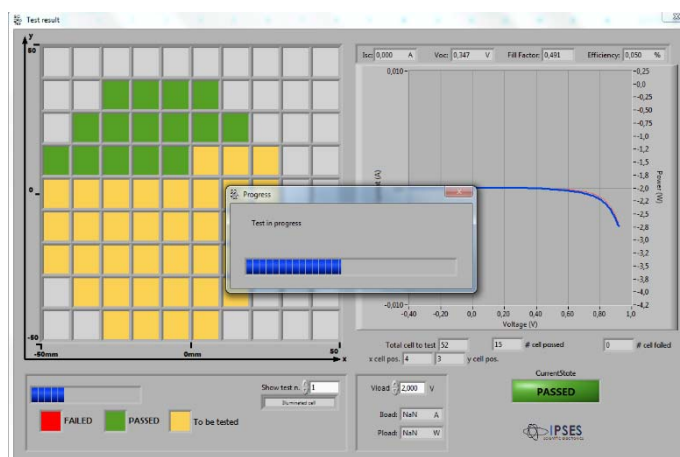


Figura 33 – Avanzamento del test

Durante la fase di avanzamento del test le celle testate che danno risultato positivo vengono colorate in verde. Quelle che in fase di test danno risultato negativo vengono colorate in rosso. Quelle ancora da testare rimangono, fino a test avvenuto, colorate di giallo.

Nell'angolo inferiore destro della finestra viene visualizzato il risultato del test e il grafico della tensione in funzione della corrente riferiti alla cella precedentemente testata.

Nella parte inferiore della finestra sono visualizzati i riferimenti della posizione della cella sotto test e l'avanzamento totale del test.

Revisione dei risultati del test

Terminata l'esecuzione di un test, sul pannello del *main* menu risulta accessibile il pulsante View Test Result che permette di aprire la finestra di riepilogo dei risultati del test (Figura 34).

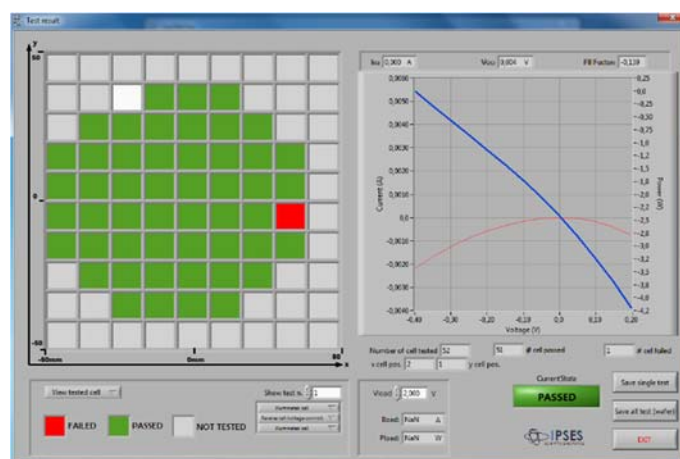


Figura 34 – Finestra Test result

Nella parte sinistra della finestra viene riproposto lo schema del *wafer* testato. Il tasto sottostante permette di scegliere tra tre modalità di visualizzazione (Figura 35):



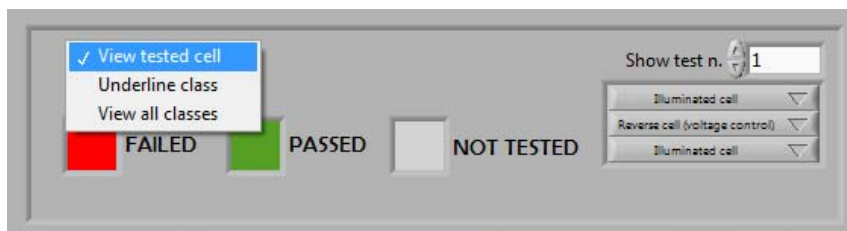


Figura 35 – Scelta della modalità di visualizzazione

View tested cell permette di visualizzare lo schema riassuntivo dei risultati del test. Le celle solari per le quali il test effettuato ha restituito esito positivo vengono evidenziate in verde, mentre quelle che hanno dato esito negativo in rosso. E' possibile selezionare una qualsiasi cella del wafer (la cella solare selezionata assume il colore bianco) per visualizzare il grafico ad essa associato.

Nel riquadro sottostante è possibile selezionare la visualizzazione del test desiderato attraverso il menu Show test n. (il numero di test che possono essere selezionati dipende dal numero di test impostati come sequenza di test e sono visibili direttamente sotto lo stesso menu). Il grafico visualizzato varia in base al test selezionato.

Il grafico viene proposto sinteticamente nella parte destra della finestra, ma è possibile esaminarlo in dettaglio attivando la funzione zoom, cliccando sopra al grafico stesso (Figura 36).

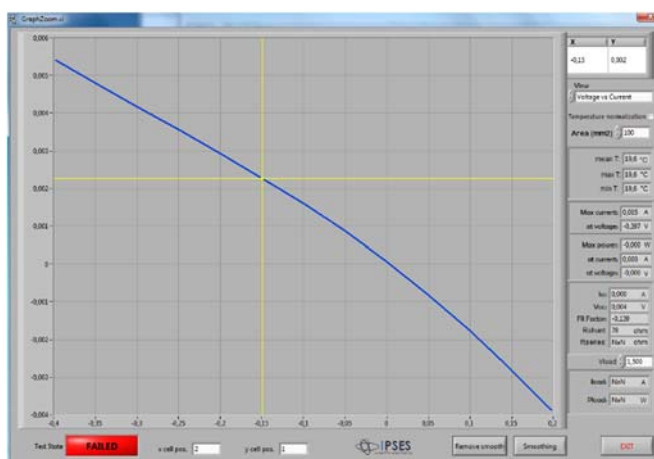


Figura 36 – Dettaglio del grafico di una cella testata

Il menu a tendina View, posto alla destra del grafico, permette di cambiare il tipo di visualizzazione tra gli 11 grafici possibili:

- tensione in funzione della corrente;
- tensione in funzione della potenza;
- tensione in funzione della temperatura;
- tensione in funzione della corrente della cella di riferimento;
- corrente in funzione della tensione;
- corrente in funzione della potenza;
- corrente in funzione della temperatura;
- corrente in funzione della corrente della cella di riferimento;
- tensione in funzione del tempo;
- corrente in funzione del tempo;





- temperatura in funzione del tempo.

I tasti **Smoothing** e **Remove smoothing** (posti nella parte bassa della finestra **Zoom**) permettono di lavorare sulle piccole oscillazioni del grafico, smussandone gli angoli e di rimuovere tutte le operazioni di *smoothing* precedentemente effettuate.

Il tasto **EXIT** permette di tornare alla finestra **Test result**.

Underline class consente di evidenziare in verde le celle che corrispondono a un criterio di caratterizzazione (Figura 37). Dopo aver attivato questa funzionalità è necessario selezionare il tipo di classe di cui si vuole evidenziare la corrispondenza, il valore di carico e i valori limite.

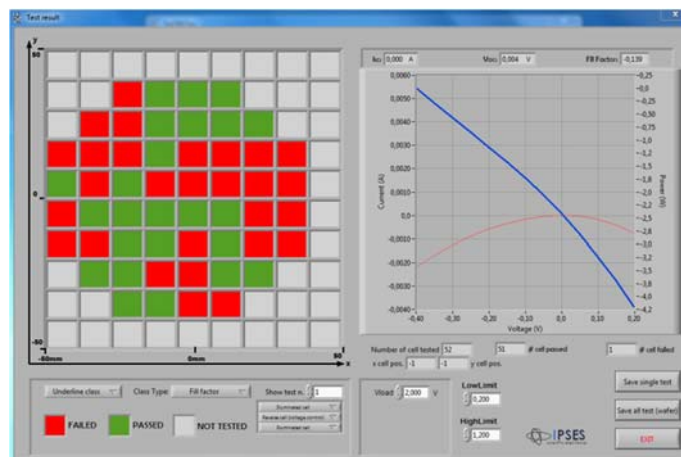


Figura 37 – Visualizzazione Underline class

View class, infine, permette di dividere le celle testate in classi rispetto alla corrispondenza con i *range* di valori settati. Il tasto **Edit class** consente di accedere alla finestra di settaggio dei valori per le singole classi (Figura 38). E' possibile definire fino ad un massimo di 15 classi.

Le celle possono essere divise in classi secondo uno dei seguenti sei parametri:

- 1) *Load current*;
- 2) *Fill factor*;
- 3) *Isc*;
- 4) *Voc*
- 5) *Max power*;
- 6) *Efficiency*.



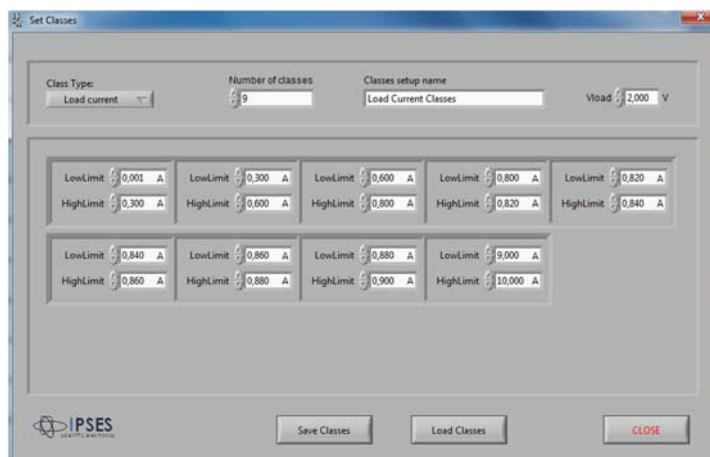


Figura 38 – Definizione del numero di classi e dei relativi parametri

Definiti i parametri delle classi, il *software* assegnerà ad ogni cella il valore della classe corrispondente. Le celle per le quali il test ha restituito risultato *fail* verranno contrassegnate con la lettera F (Figura 39). Il segno “-” indica invece le celle solari non testate (o non presenti), mentre il punto interrogativo (?) indicherà una cella testata, ma non appartenente a nessuna delle classi definite dall’utente.

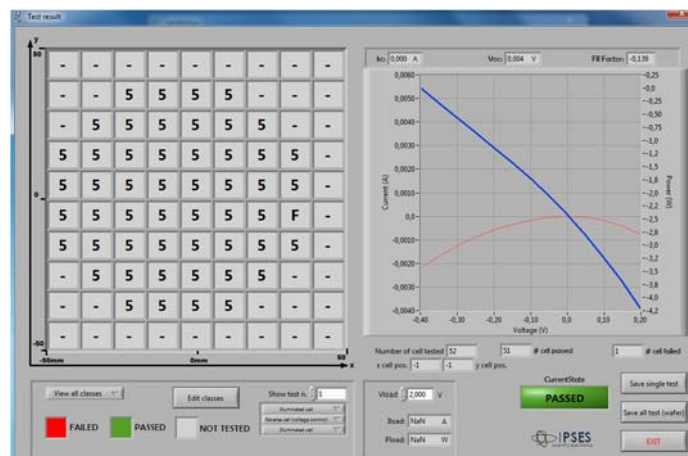


Figura 39 – Caratterizzazione delle celle in classi

I tasti *Save single test* e *Save all test (wafer)* consentono di archiviare I risultati per le singole celle o per l'intero *wafer*.

Acquisizione delle immagini da videocamera

Sul pannello del *main* menu sono presenti due pulsanti che permettono di acquisire le immagini riprese dalla videocamera integrata nel sistema SoCRATes.

Il primo è il tasto *CAM Acquire*, appartenente al gruppo *Service*. La selezione di questa funzionalità permette di accedere alla finestra di acquisizione in tempo reale delle immagini riprese dalla telecamera. Questa è la stessa finestra accessibile dal menu *Set cell and wafer*, descritto in precedenza.

Il tasto *Electroluminescence*, invece, consente di aprire la finestra *Electroluminescence* dalla quale è possibile valutare visivamente l'integrità del semiconduttore (Figura 40).



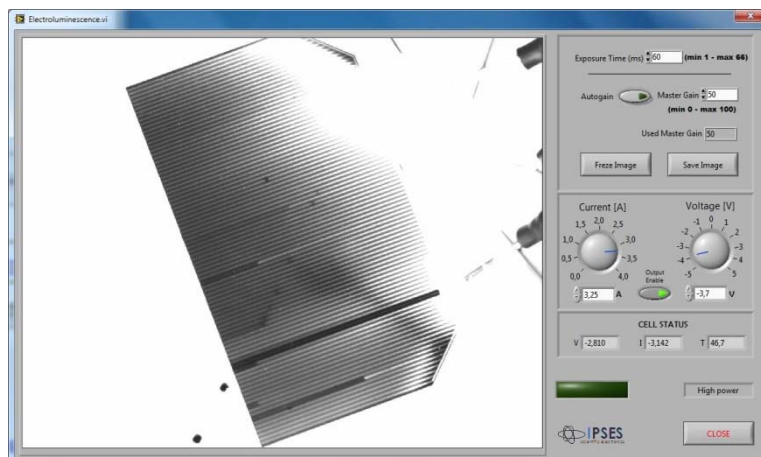


Figura 40 – Acquisizione dell'immagine di elettroluminescenza di una cella.

In questa finestra è necessario impostare i parametri di corrente e tensione adeguati alla cella solare sotto test. Questi possono essere immessi sia attraverso l'uso delle manopole, sia inserendo i valori adeguati nelle caselle sottostanti. Il tasto **Output Enable** abilita le uscite dello stadio di potenza. Se i valori sono stati impostati correttamente la cella si illuminerà.

In questa fase è importante porre sull'obiettivo della telecamera il filtro adeguato al tipo di lunghezza d'onda emessa dalla cella solare, scelto tra i due in dotazione (quello passabanda rosso scuro e quello passabanda infrarosso).

Gli indicatori di tensione(V), corrente(I) e temperatura(T) del riquadro **CELL STATUS** visualizzano i valori riletti dal sistema.

Il test manuale

Attraverso la selezione del pulsante **Manual Test** del *main* menu è possibile eseguire un test manuale su una singola cella solare.

Alla pressione di questo tasto si accede alla finestra di impostazione dei parametri elettrici da applicare alla cella, finestra già descritta in precedenza.

Quando si esegue il test manuale non vi è movimentazione dei motori: gli aghi devono essere già posizionati correttamente sui *pad* della cella solare da testare perché il test avvenga correttamente.

Concluso il test manuale di una cella viene aperta la finestra mostrata in Figura 41 (del tutto simile alla finestra di salvataggio dei dati per singola cella solare), in cui è possibile attivare la funzione *zoom* del grafico e salvare i risultati.



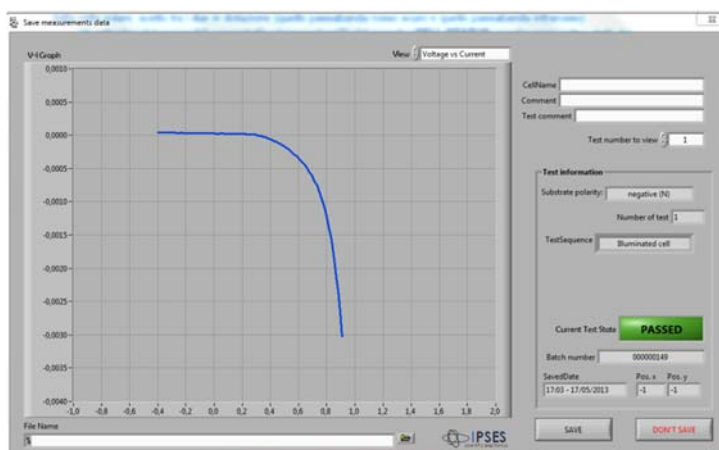


Figura 41 – Visualizzazione dei risultati del test manuale

L'esecuzione di un test manuale su una cella solare è particolarmente indicato nel caso si debba testare un *wafer* composto da un'unica cella o celle singole di grossa dimensione.

Gestione dei file salvati

Il tasto *Archive* del *main* menu permette di accedere alla finestra *ArchiveManager*, dalla quale è possibile richiamare i risultati dei test eseguiti su un intero *wafer* o su una singola cella solare precedentemente salvati (Figura 42).

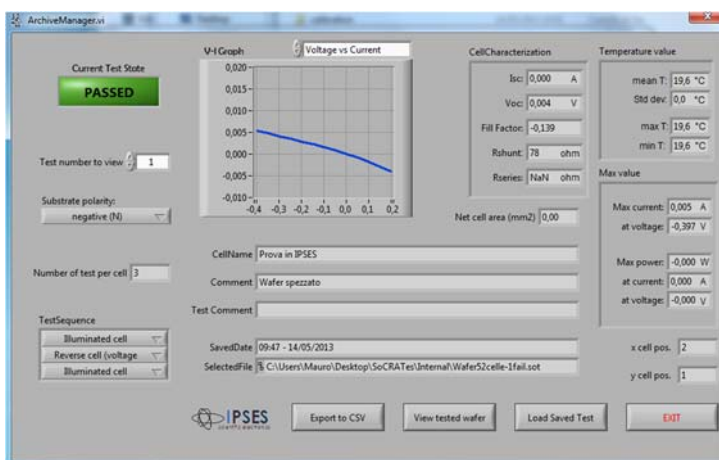


Figura 42 – Visualizzazione dei risultati del test manuale

Da questo menu è possibile giungere alla finestra *Test result* (analizzata in precedenza). E' anche possibile esportare i dati relativi al test in formato CSV (Figura 43).



	A	B	C
1	Wafer Name: Prova in IPSES		
2	Comment: Wafer spezzato		
3	Save date: 09:47 - 14/05/2013		
4			
5	Isc: 0,00		
6	Voc: 0,00		
7	Fill Factor: -0,14		
8			
9	Voltage(V)	Current(A)	Temperature(C)
10	-0,4	0,01	19,6
11	-0,35	0	19,6
12	-0,3	0	19,6
13	-0,25	0	19,6
14	-0,2	0	19,6
15	-0,15	0	19,6
16	-0,1	0	19,6
17	-0,05	0	19,6
18	0	0	19,6
19	0,05	0	19,6
20	0,1	0	19,6
21	0,15	0	19,6
22	0,2	0	19,6

Figura 43 – Visualizzazione dei risultati in un file di Excel 2013

Beam calibration

Il tasto **Beam calibration**, presente sul pannello principale, permette di accedere alla finestra di riletura dei valori elettrici della cella per la calibrazione manuale del simulatore solare. In questa modalità SoCRATes mantiene in corto circuito la cella solare e legge la corrente da essa erogata. L'operatore deve impostare il valore tipico di corrente di corto circuito della cella solare (I_{SC}) nella casella **Expected Current (A)** (Figura 44).

Se il valore di corrente riletto da SoCRATes supera di più del 10% il valore impostato dall'operatore, il sistema limita la corrente circolante e visualizza un messaggio di *warning*.

Il riquadro superiore mostra il valore di corrente riletto dal sistema.

Il riquadro inferiore, invece, mostra:

- i valori di tensione impostati dal sistema per il carico elettronico della cella solare utilizzato per mantenere a 0V la tensione ai capi delle celle (**Internal voltage**);
- la riletura della tensione reale presente ai capi della cella solare (**Read Voltage**);
- la corrente a cui scatta la limitazione *hardware* della corrente erogata dalla cella solare (equivalente al valore impostato dall'operatore incrementato del 10%);
- la temperatura riletta dal sensore posto all'interno del porta *wafer*.

Questa finestra è utile per impostare correttamente l'intensità luminosa del simulatore solare (tipicamente variando la tensione applicata sulla lampada): utilizzando una cella campione di cui si conosce esattamente la corrente di corto circuito (I_{SC}) si può modificare l'intensità del fascio luminoso sino a quando non viene letta esattamente quella I_{SC} .

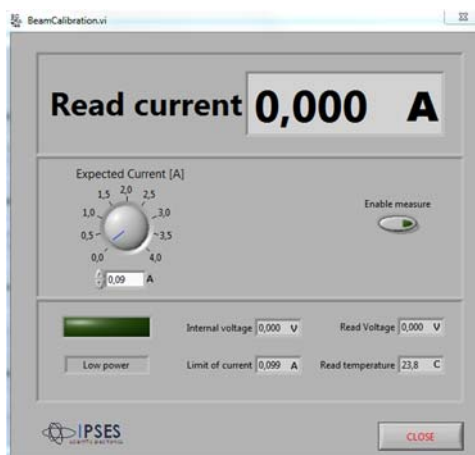


Figura 44 – Finestra Beam Calibration

Gestione manuale di tutte le funzioni di sistema (basso livello)

Il pulsante presente sulla finestra del *main* menu Service panel permette di accedere ai menu di impostazione di tutti i parametri di basso livello del sistema.



Attenzione: l'utilizzo delle funzionalità del Service panel è indicato unicamente per eseguire il *debug* del sistema in caso di guasti o malfunzionamenti. Non accedere al menu per eseguire le normali procedure di *testing* delle celle solari. Il cambiamento delle impostazioni di basso livello dell'unità di controllo potrebbe compromettere il corretto funzionamento del sistema e/o danneggiarlo.

La finestra *Service panel* (Figura 45) è suddivisa in tre schede:

- System;
- Motors;
- Camera.

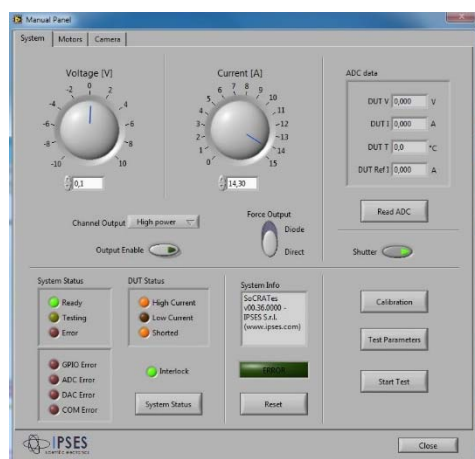


Figura 45 – Visualizzazione dei risultati del test manuale

La scheda System contiene le funzionalità per introdurre tutti i settaggi elettrici di basso livello.





Attraverso le manopole o usando i controlli numerici associati è possibile impostare i valori di corrente e di tensione desiderati.

Channel Output permette di commutare la corrente tra Low power (fino a 0,1 A) e High power (da 0,1 A a 15 A).

Force Output seleziona il tipo di test tra Direct (che utilizza i terminali *force*) e Diode (che utilizza il terminale test *diode*).

Il tasto Output Enable attiva le uscite dello stadio di potenza selezionato.

Il riquadro posto nella parte inferiore permette di monitorare lo stato del sistema e gli eventuali messaggi di errore. Il pulsante System Status permette la lettura dello stato dell'unità di controllo di SoCRATes e il *reset* delle condizioni di errore. Il tasto Reset provoca lo spegnimento della scritta ERROR se accesa.

Il riquadro ADC data mostra i valori di riletture dopo la conversione analogica:

- DUT V rappresenta la tensione (terminali *sense* oppure *test diode*, in base alla selezione effettuata con il tasto *force output*);
- DUT I rappresenta la corrente (terminali *force* oppure *test diode*, in base alla selezione effettuata con il tasto *force output*);
- DUT T rappresenta la lettura della temperatura;
- DUT Ref I rappresenta la lettura della corrente emessa dalla cella solare di riferimento (ove presente).

Il tasto Shutter permette di aprire o chiudere lo *shutter* del simulatore solare.

Il pulsante Calibration consente di accedere alla finestra di regolazione di tutti i parametri di calibrazione dello strumento (Figura 46).

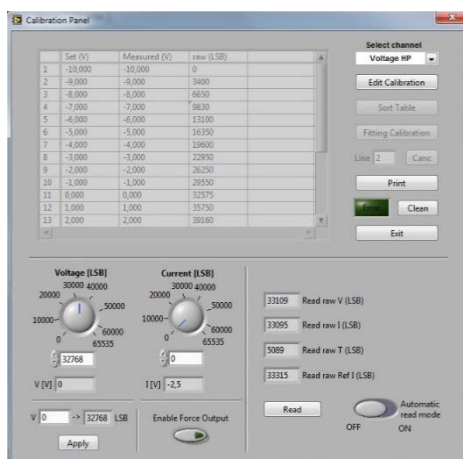


Figura 46 – Pannello di calibrazione

Dalla scheda System è infine possibile avviare un test inserendo i valori di test (impostabili premendo il pulsante Test Parameters, che conduce al menu Test Parameters Panel, visto in precedenza) premendo il tasto Start Test.

La scheda Motors (Figura 47) permette di muovere manualmente i motori e di impostare i valori di funzionamento, quali velocità, durata della rampa iniziale e finale, ecc.



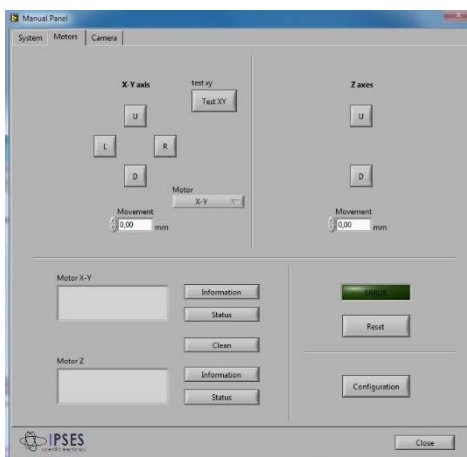


Figura 47 – Scheda Motors

La scheda Camera (Figura 48), infine, permette di acquisire *frame* singoli dalla telecamera, impostando tempo di esposizione e *gain* della telecamera.

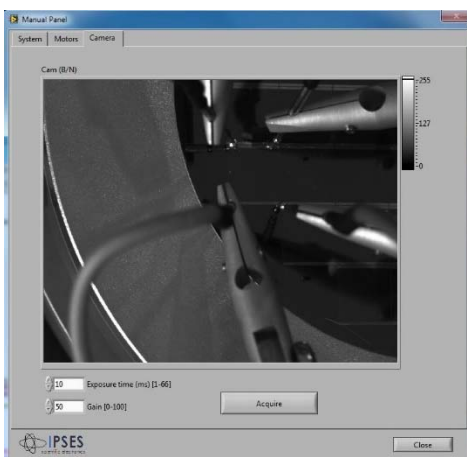


Figura 48 – Scheda di calibrazione della telecamera

Movimentare manualmente il *wafer*

Dal *main* menu è infine possibile movimentare manualmente il *wafer* agendo direttamente sui motori che lo muovono, in modo da portare il *wafer* in tre posizioni funzionali alle fasi di preparazione dei test.

Il tasto Move out abbassa il porta *wafer*, centra la sua posizione sull'asse X e porta avanti il piatto sull'asse Y fino al raggiungimento del fine corsa anteriore. Questa funzionalità agevola la rimozione e l'inserimento delle celle da testare.

Il tasto Central position sposta il porta *wafer* nella posizione di *home position* precedentemente acquisita.

Il tasto Down sposta il piatto di 3 mm verso il basso.





Unità di controllo

L'unità di controllo costituisce il sistema elettronico di carico attivo per la generazione dei segnali necessari a pilotare la cella e il sistema elettrico per l'azionamento dei motori.

Sul pannello frontale (Figura 49) è presente il tasto di accensione dell'unità. Oltre a questo sono anche presenti i LED indicatori dello stato del sistema, dei quali:

- **Ready:** indica che il sistema è acceso e operativo;
- **Testing:** indica che è in esecuzione il test di una cella solare;
- **Error:** indica che è occorso un errore nel sistema oppure il movimento è stato interrotto dal dispositivo di protezione (*interlock*);
- **High Current:** indica che è attivo il finale di potenza ad alta corrente;
- **Low Current:** indica che è attivo il finale di potenza a bassa corrente;
- **Shorted:** indica che i terminali di *force* sono in contattazione con la base del porta *wafer*.

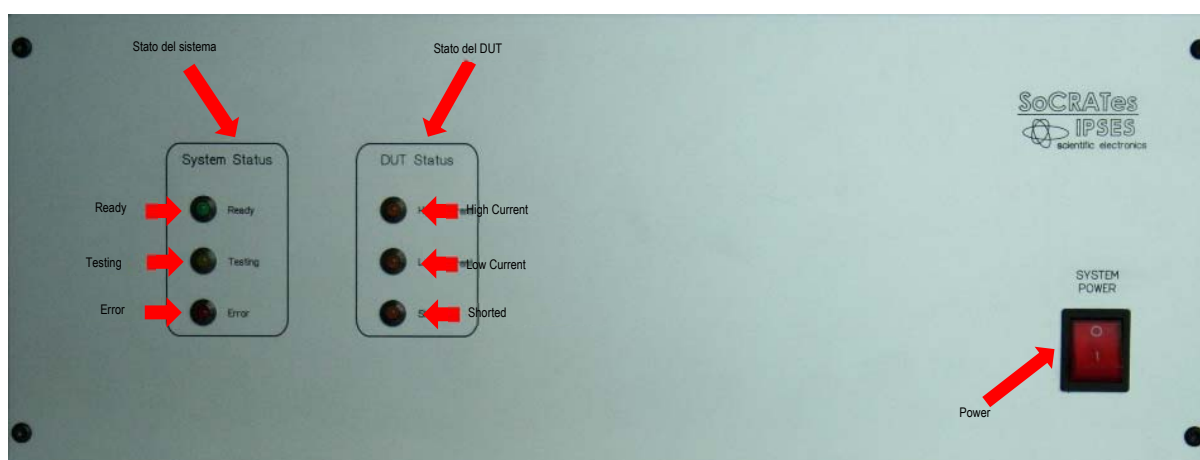


Figura 49- Pannello frontale

Sul pannello posteriore (Figura 50) sono presenti i connettori necessari a interfacciare l'unità con le periferiche. Tra questi vi è un connettore a quattro poli per gestire lo *shutter*, in cui i singoli pin sono così connessi:

Unità	Cavo in dotazione	Shutter
<i>Pin 1</i> →	contatto normalmente aperto - VERDE	→ <i>Pin 1</i>
<i>Pin 2</i> →	polo centrale - MARRONE	→ <i>Pin 5</i>
<i>Pin 3</i> →	massa del sistema - CALZA	-
<i>Pin 4</i> →	contatto normalmente chiuso - BIANCO	→ <i>Pin 2</i>

Il connettore per la sonda di temperatura è, invece, a tre poli, così connessi:

- *Pin 1:* sensoreA;
- *Pin 2:* sensoreB;
- *Pin 3:* massa del sistema.

Il connettore per la gestione dell'*interlock* è a cinque poli (tra parentesi i colori presenti nel cavo in dotazione):

- *Pin 1:* Positivo (Verde);
- *Pin 2:* Negativo (Marrone);
- *Pin 3:* Non usato (Bianco);





- Pin 4: Segnale (Giallo);
- Pin 5: Non usato (Calza).

Il connettore per la gestione del DUT è a dieci poli (tra parentesi i colori presenti nel cavo in dotazione):

- Pin A Force 1 (Rosso);
- Pin B Sense 1 e 2 (Blu);
- Pin C Sense diodo tripla giunzione (Blu);
- Pin D Force diodo tripla giunzione (Marrone);
- Pin E Terra del sistema (Giallo/Verde);
- Pin F Sense corrente cella di Riferimento (Rosso);
- Pin G Sense corrente cella di Riferimento (Marrone);
- Pin H Forse 2 (Rosso);
- Pin I Sense GND porta wafer (Nero);
- Pin J Forse GND porta wafer (Nero).

Sempre sul pannello posteriore sono presenti:

- Connettore per l'alimentazione alla rete elettrica;
- Ventola di areazione;
- Connettore USB per il collegamento del PC;
- Connettore per il controllo dei motori e dei fine corsa;
- Connettore DUT;
- Connettore ausiliario.

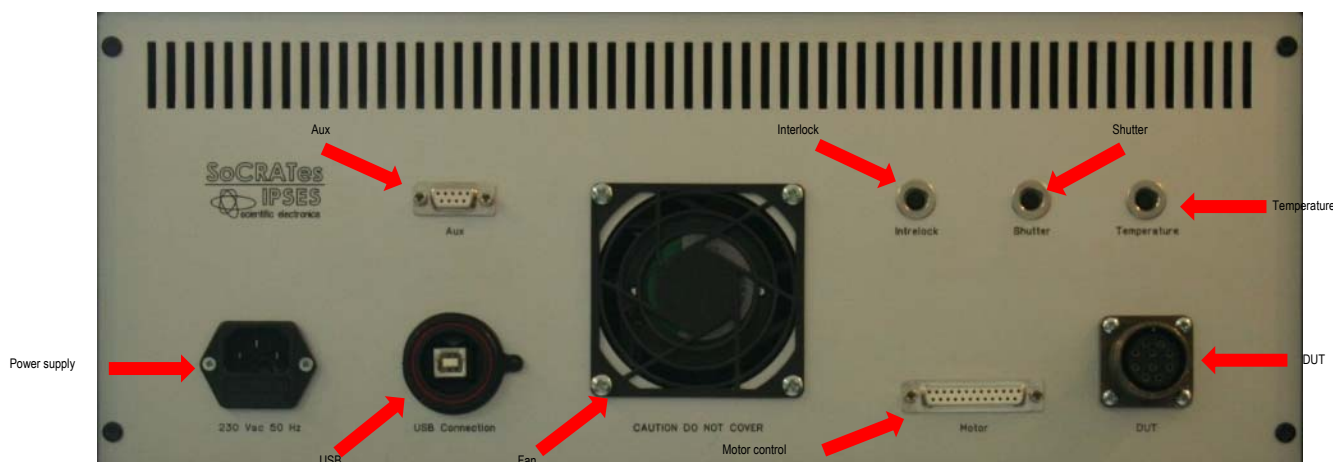


Figura 50 – Pannello posteriore





Connessioni

Sulla base del sistema meccanico è presente un *box* per la connessione di tutte le periferiche al sistema.

Il lato anteriore del *box* (Figura 51) presenta le connessioni in ingresso dal sistema meccanico:

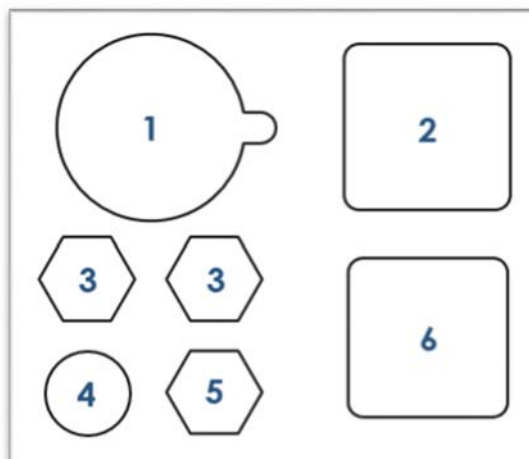


Figura 51 – Connessioni in ingresso

L'ingresso USB contrassegnato con il numero 1 è il collegamento della telecamera.

Il connettore circolare a 32 poli contrassegnato con il numero 2 collega tutti i segnali provenienti dai motori, quelli dei finecorsa, quelli della termocoppia, i terminali della cella di riferimento, le masse e la terra del sistema.

I connettori contrassegnati con il numero 3 rappresentano ingresso ed uscita del liquido per la termostatazione del porta *wafer* (il loro collegamento al porta *wafer* è interscambiabile poiché il senso del flusso dell'acqua è indifferente al corretto funzionamento del sistema).

Il connettore numero 4 serve a collegare il sensore di blocco di sicurezza (*interlock*).

Il connettore contrassegnato con il numero 5 è dedicato all'aspirazione.

Al connettore contrassegnato con il numero 6, infine, sono collegati i cavi dei 5 *probe* di test.

Il lato posteriore del *box* (Figura 52) connette il sistema meccanico all'unità di controllo, al PC, alla pompa da vuoto e al *chiller*.



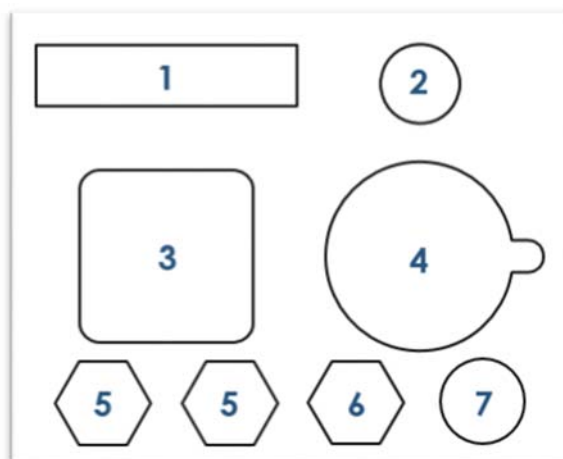


Figura 52 - Connessioni in uscita

Il connettore a 25 poli contrassegnato con il numero 1 permette la gestione dei motori e dei sensori di fine corsa.

Il connettore a 3 poli contrassegnato con il numero 2 costituisce la connessione del sensore di temperatura.

Il connettore circolare a 10 poli contrassegnato con il numero 3 collega l'unità di controllo ai 5 aghi di test, ai due terminali della cella di riferimento, alla massa e alla terra del sistema.

Il connettore USB indicato con il numero 4 collega la telecamera direttamente al PC.

I connettori contrassegnati con il numero 5 sono ingresso ed uscita dell'acqua dal *chiller*.

Il connettore indicato con il numero 6 è collegato alla pompa da vuoto.

Il connettore numero 7, infine, serve a collegare il sensore di blocco di sicurezza (*interlock*).





Caratteristiche tecniche

1 – Slitte motorizzate

spostamento assiale per ogni giro motore: 2 mm
corsa totale asse X: 140 mm
corsa totale asse Y: 110 mm
corsa totale asse Z: 25 mm

2 – Misura temperatura

sensore: PT100
linearità: +/- 1° C
range: da 0° a 80° C

3 – Telecamera

Collegamento: USB
risoluzione: 1280 x 1024
lunghezza focale obiettivo: 25mm
lunghezza d'onda filtro passabanda rosso scuro: 600 – 700 nm
lunghezza d'onda filtro passabanda infrarosso: 800 – 1000 nm

4 – Probe e ricettacoli

corsa massima del *probe*: 6,35 mm
forza di pressione del *probe*: 4N tipica (con compressione di 2,72 mm)
diametro ricettacolo: 1,68 mm
resistenza: < 25 mΩ

5 – Generali

alimentazione: 230 Vac -50-60 Hz
assorbimento max: 200W
fusibile: 5x20 – 1,5 A Fast

Dimensioni sistema meccanico SoCRATes: 700 x 600 x 446 mm

Dimensioni unità di controllo SoCRATes: 510 x 470 x 200 mm





CONTATTI

IPSES S.r.l. si occupa dell'ideazione e della commercializzazione di strumenti elettronici e scientifici. La progettazione personalizzata consente di rispondere alle diverse esigenze di chi ricerca sistemi *embedded* dedicati ad applicazioni specifiche.

IPSES si avvale di uno staff con pluriennale esperienza nel settore. L'aggiornamento continuo e l'evoluzione costante rendono IPSES un'azienda all'avanguardia, capace di unire il dinamismo di una giovane impresa con la professionalità e l'affidabilità di personale qualificato.

IPSES S.r.l.

Sede operativa e centro di sviluppo:

Via Suor Lazzarotto, 10
20020 Cesate (MI)
Italy

tel. (+39) 02 39449519 - (+39) 02 320629547

fax (+39) 02 700403170

e-mail: info@ipses.com

<http://www.ipses.com>



UNI EN ISO 9001





INFORMAZIONI PER IL SUPPORTO TECNICO

I nostri tecnici possono essere contattati ai seguenti recapiti:

Telephone	:	(+39) 02 39449519 (+39) 02 320629547
Fax	:	(+39) 02 700403170
Email	:	support@ipses.com

RAPPORTO PROBLEMATICHE

Il modulo nella seguente pagina permette di raccogliere i dati necessari ad una corretta ricerca del problema eventualmente evidenziatosi.





ENGINEERING PROBLEM REPORT

Problem describer

Name		IPSES S.r.l. Via Suor Lazzarotto, 10 Cesate (MI) Italy Fax (+39) 02 700403170 e-mail <i>support@ipses.com</i>
Company		
Date	Tel.	

Product

Name	Version	Serial No.
------	---------	------------

Report Type (bug, change request or technical problem)

Major bug	<input type="checkbox"/>	Urgency:	
Minor bug	<input type="checkbox"/>	High	<input type="checkbox"/>
Change request	<input type="checkbox"/>	Medium	<input type="checkbox"/>
Technical problem	<input type="checkbox"/>	Low	<input type="checkbox"/>

Problem Description

--

Reproduction of Problem

--

IPSES s.r.l. Action notes

Received by	Date	Report No.	Action
-------------	------	------------	--------





(Codice prodotto SoCRATes Rel. 03.00.0002)

IPSES S.r.l.
Via Suor Lazzarotto, 10
20020 Cesate (MI) - ITALY
Tel. (+39) 02 39449519 – (+39) 02 320629547
Fax (+39) 02 700403170
e-mail: info@ipses.com
support@ipses.com

