

Fotoconducibilità

Michael Maguire, Leonardo Misuraca Giordano, Daniele Pani, Alberto Perro

7 marzo 2019

Prefazione

L'esperienza è volta alla misura della fotocorrente e della trasmittanza di diversi campioni di semiconduttore illuminati nello spettro NIR-visibile (1000 - 400 nm). Per selezionare la lunghezza d'onda è stato utilizzato un monocromatore a reticolo diffrattivo con risoluzione spettrale di 30 nm.

1 Calibrazione del setup sperimentale

1.1 Calibrazione dello spettrometro

Per la calibrazione dello spettrometro, che consiste nel trovare la funzione di conversione fra pixel e lunghezza d'onda, si è utilizzata una sorgente luminosa di spettro noto con picchi ben definiti (Miscela di Xeno - Argon) collegata in fibra ottica allo spettrometro. Tramite l'utilizzo dell'apposito software, si sono acquisiti i dati impostando due diversi intervalli di integrazione (6 ms - 600 μ s) e 100 misure mediate, per evitare la saturazione dei picchi più luminosi. Per un'analisi approssimativa, si sono utilizzate le funzioni integrate del programma per stabilire i centri e i FWHM.

Per la regressione, si è utilizzata una polinomiale di terzo grado (rosso), ma dato che i coefficienti di secondo e terzo grado estratti sono molto piccoli, si è svolto un fit con una retta, il quale però ha dato esito negativo.

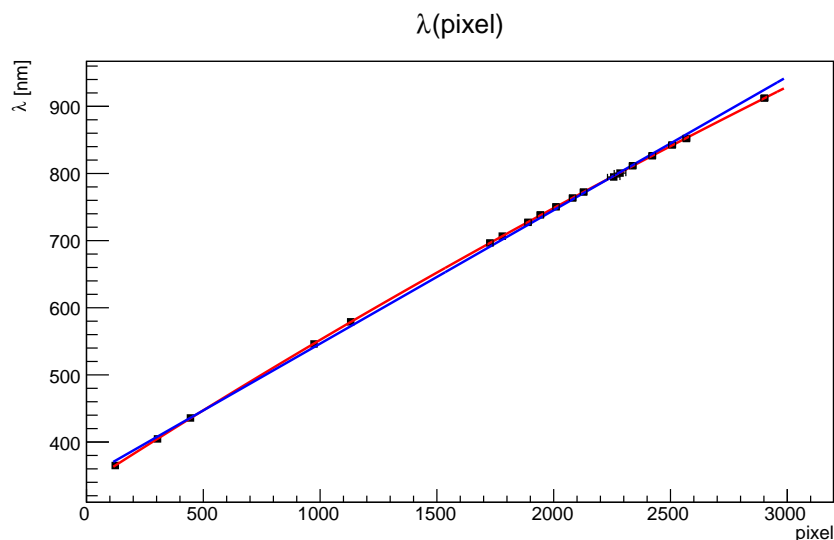


Figura 1: Calibrazione con i dati approssimati.

Successivamente analizzando i dati acquisiti dello spettro tramite ROOT, si sono svolti fit gaussiani per ogni picco, in modo da stabilire con maggiore precisione i parametri di conversione.

Dai risultati estratti si è quindi svolto nuovamente il fit di calibrazione, per utilizzare la miglior legge di conversione disponibile e verificare se l'errore della calibrazione approssimata risultasse significativo.

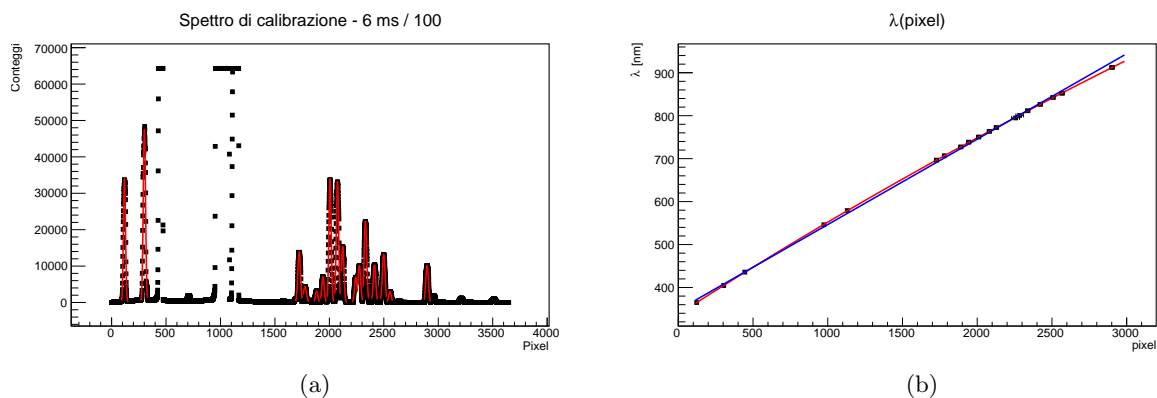


Figura 2: Fit gaussiani dei picchi dello spettro (a) e calibrazione derivata (b).

1.2 Calibrazione del monocromatore interferenziale

Stabilita la conversione pixel - lunghezza d'onda, si è effettuata la calibrazione del monocromatore lungo lo spettro che successivamente saremo andati ad utilizzare per le misure.

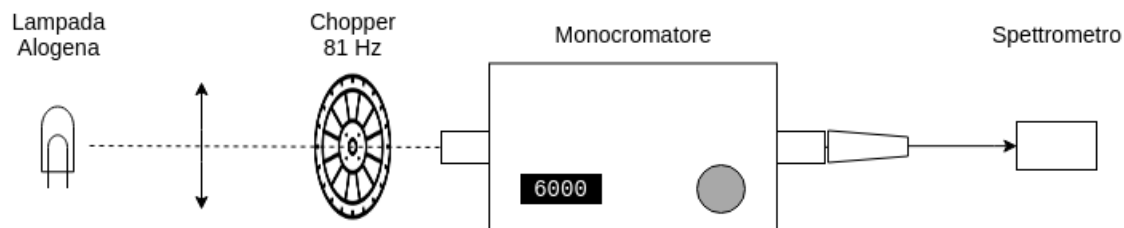


Figura 3: Setup per la calibrazione del monocromatore.

Dopo aver allineato il setup sperimentale, si è collegata la fibra ottica al collettore avvitato all'uscita del monocromatore. Accesa la lampada alogena, si sono presi i picchi in uscita per 26 lunghezze d'onda differenti, distanziate fra di loro di 25 unità del monocromatore ($1 \text{ u} \sim 1 \text{ nm}$). Dalle misure prese si sono effettuati fit gaussiani e si è estratta la legge di conversione in lunghezza d'onda.

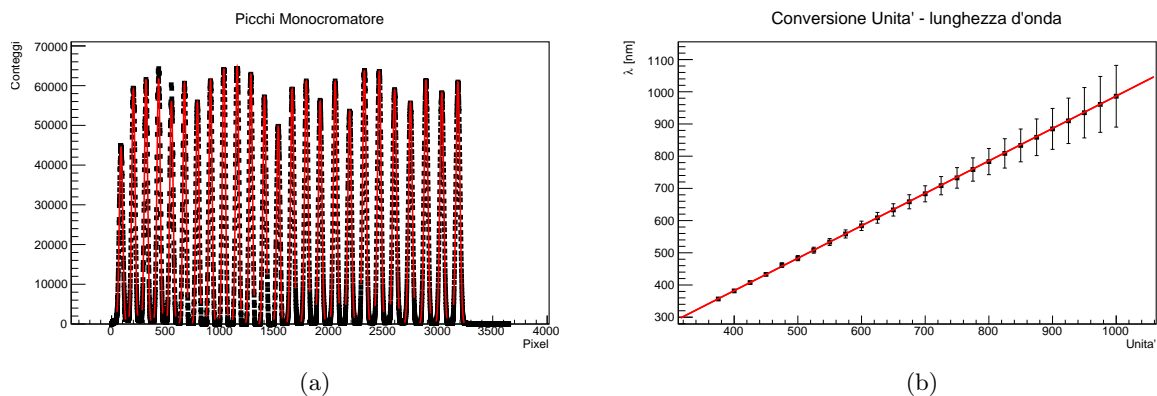


Figura 4: Fit gaussiani dei picchi (a) e calibrazione del monocromatore (b).

2 Misura della fotoconducibilità dei semiconduttori

Per la misure di fotocorrente e trasmittanza, si è installato un fotodiodo in uscita dal monocromatore, distanziato in modo da riuscire ad alloggiare i campioni. Prima di effettuare qualunque misura, si è preso lo spettro di riferimento del setup, stabilendo così l'intensità di riferimento.

L'inserimento del chopper, il cui scopo è la modulazione del fascio ad una frequenza definita, non è necessario per questa serie di misure, ma ci permette di essere consistenti con le successive che utilizzano l'amplificatore lock-in.

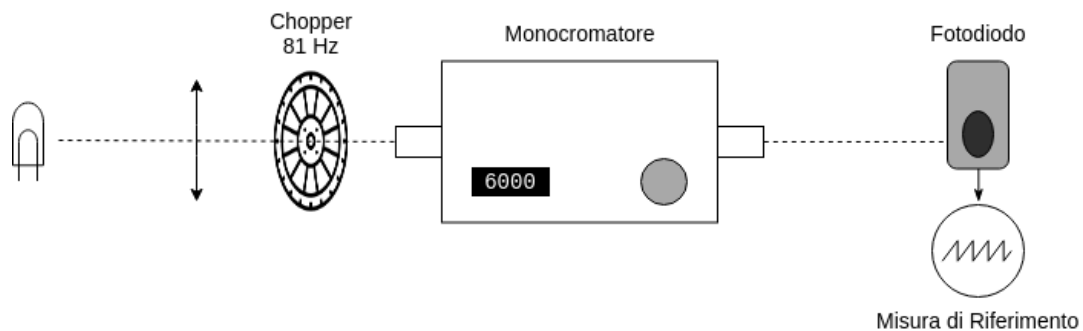


Figura 5: Setup per la misura dell'intensità di riferimento.

Per verificare che il vetrino su cui sono applicati i campioni fosse ininfluenza, si è ripetuta la misura inserendo un vetrino da $920\ \mu\text{m}$ all'uscita del monocromatore. Le misure prese sono risultate compatibili, per cui si è determinato che il vetrino non è significativo nel setup.

2.1 Seleniuro di Gallio - Oscilloscopio

Inserito il campione di semiconduttore da caratterizzare, si è connessa una tensione di bias di 15 Vdc al campione, mentre l'uscita è collegata all'ingresso dell'oscilloscopio (all'interno del campione è presente un resistore da $1\ \text{M}\Omega$ per convertire la fotocorrente in tensione). Per ogni lunghezza d'onda, vengono misurate fotocorrente e intensità della luce trasmessa.

2.2 Seleniuro di Gallio - Lock-in

La procedura di misurazione precedente è stata svolta nuovamente utilizzando l'amplificatore lock-in. Questo dispositivo, utilizzando il segnale di riferimento proveniente dal chopper, permette di amplificare il segnale con la medesima frequenza, riducendo così il rumore del resto dello spettro. Questo è necessario in quanto l'oscilloscopio era al limite di risoluzione, in quanto la fotocorrente è molto bassa. Per aumentare ulteriormente la risoluzione della misura, l'uscita dell'amplificatore è stata collegata all'oscilloscopio e misurata utilizzando cursori e funzioni matematiche integrate. L'errore sulle misure di tensione è stato determinato dalla deviazione standard calcolata dall'oscilloscopio su 100 campionamenti.

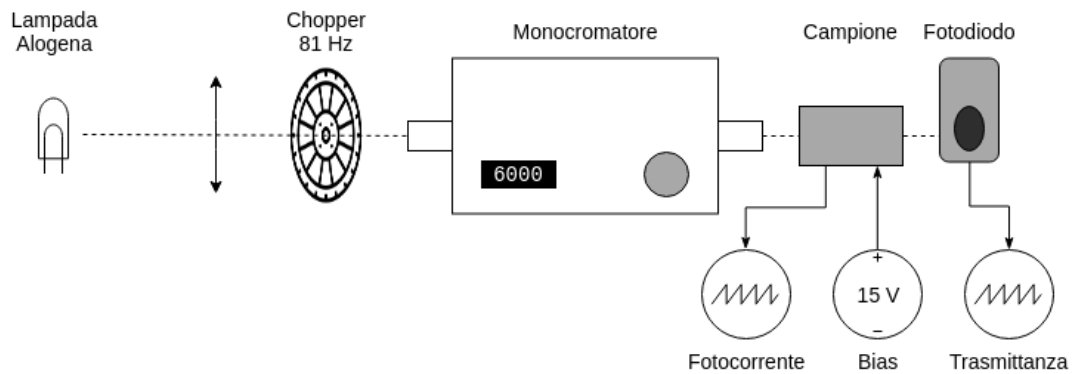


Figura 6: Setup per la misura della fotocorrente e trasmissanza con l'oscilloscopio.

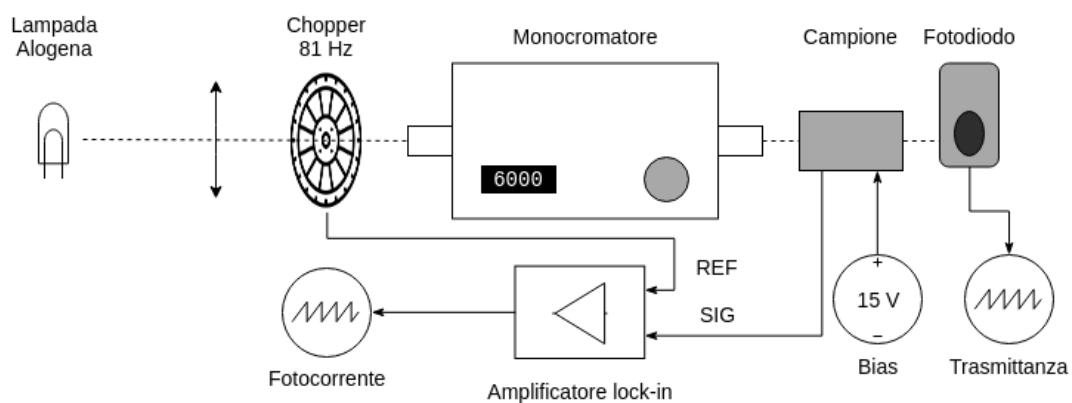


Figura 7: Setup per la misura della fotocorrente e trasmissanza con l'amplificatore lock-in.

2.3 Arseniuro di Gallio - Lock-in

2.4 Campione Sconosciuto - Lock-in

A Misura di capacità con l'amplificatore lock-in

Per impratichirsi con l'amplificatore lock-in, si è voluta misurare una capacità incognita costruendo un partitore di corrente ed eccitandolo con un segnale sinusoidale di 4 Vpp e frequenza variabile. Prima le misure si sono prese con l'oscilloscopio e successivamente utilizzando l'amplificatore. La scelta delle frequenze ha compreso la frequenza di rete e le sue armoniche, in modo da valutare se il lock-in fosse in grado di ridurre il rumore generato.

B Misure della trasmissanza con lo spettrometro

Per la misura della trasmissanza, si sono utilizzate le utility del software dello spettrometro, che disponevano già del calcolo della trasmissanza. Per utilizzarle, si è dovuto prendere uno spettro di riferimento della sorgente luminosa ed uno spettro scuro, comprendente il rumore di fondo. Successivamente attivata la modalità trasmissanza, si è acquisita la risposta dei campioni sullo spettro di riferimento. Per evitare di saturare e avere la miglior risoluzione, si è usata la fibra ottica senza collettore.

C Dati e regressioni per la calibrazione

C.1 Spettrometro

C.2 Monocromatore